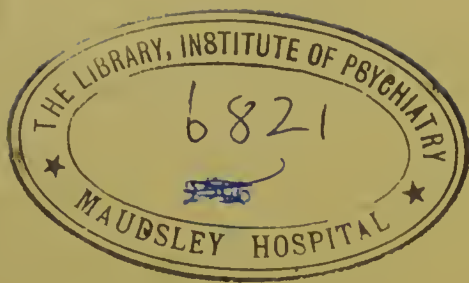

THE LIBRARY, INSTITUTE OF PSYCHIATRY
6821
MAUDSLEY HOSPITAL


200926341 9
INST. PSYCH.

DIE FUNKTIONEN DER NERVENCENTRA

VON

PROF. DR W. v. BECHTEREW

AKADEMIKER, DIREKTOR DER PSYCHIATRISCHEN UND NERVENKLINIK DER MEDIZINISCHEN AKADEMIE, PRÄSIDENT DES PSYCHO-NEUROLOGISCHEN INSTITUTES IN ST. PETERSBURG.

DEUTSCHE AUSGABE

IN VERBINDUNG MIT DEM VERFASSER REDIGIERT

DURCH

DR RICHARD WEINBERG

PROFESSOR DER ANATOMIE IN ST. PETERSBURG.

DRITTES HEFT:

HEMISPHÄREN DES GROSSHIRNS

MIT 218 ABBILDUNGEN IM TEXT



JENA
VERLAG VON GUSTAV FISCHER
1911

Weimar. — Druck von R. Wagner Sohn.

Vorwort.

Die Lehre von den Gehirnfunktionen, als Grundlage der modernen Neurologie, der allgemeinen, experimentellen und pathologischen Psychologie hat über die Grenzen der eigentlichen Physiologie hinaus einen weiten Interessentenkreis. Um so mehr fällt es auf, daß diese Lehre bis in die neueste Zeit hinein nicht den Ausbau enthielt, auf den eine selbständige wissenschaftliche Disziplin Anrecht hat.

Die Erkenntnis der Leistungen des Gehirns und namentlich der Gehirnrinde ist zwar durch die Forschungen der neueren Zeit wesentlich gefördert worden. Aber die gewonnenen Erfahrungen gehören noch ganz der Spezialliteratur an. Die großen physiologischen Hand- und Lehrbücher befassen sich nur in ganz fragmentarischer und nicht immer zutreffender Weise mit Fragen der Gehirnfunktionen. Aus den verschiedensten Abschnitten des Handbuches muß sich der Leser erst die ihn interessierenden Daten heraussuchen; ein einheitliches Gesamtbild der Leistungen des Organes, welches die Organismusfunktion reguliert und stützt und ihre zweckmäßige Korrelation zu den Bedingungen der Außenwelt bewirkt, wird dem Leser dort nicht geboten.

Der Plan, den die Gehirnfunktionen betreffenden Stoff in möglichster Vollständigkeit durchzuarbeiten, schwebt dem Verfasser schon seit vielen Jahren vor. Es sollte eine Gesamtdarstellung der Funktionslehre des Gehirns in ihren Grundzügen das Resultat der Arbeit sein, die der Verfasser seit Beginn der achtziger Jahre teils selbst durchführte, teils veranlaßte. Bei der Ausführung ergaben sich aber sofort wesentliche Schwierigkeiten. Die immer wieder auftauchenden Stofflücken drängten zu neuen Untersuchungen, und waren diese durch die Gunst der Verhältnisse bewältigt, dann mußte die Behandlung des angewachsenen Materiales notwendig über viele Jahre sich dehnen. Der Versuch, den gehegten Plan in der einen oder andern Weise durchzuführen, durfte aber bei der Bedeutung des Gegenstandes nicht aufgegeben werden.

Was die Gliederung des Stoffes betrifft, so lag anfangs die Absicht vor, für jede einzelne Funktion alle dazu in Beziehung stehenden Gehirnteile in einer einheitlichen Gesamtdarstellung zu besprechen. Dieser Plan ist aber theoretisch ebenso verlockend, wie praktisch undurchführbar. Eine Unzahl fortwährender Wiederholungen wäre die Folge gewesen. Man entschloß sich daher, das topische Prinzip der Gehirnfunktionen zum Ausgangspunkt zu nehmen. Das Rückenmark

wurde mit dem verlängerten Mark zusammengefaßt, da beiden viele gemeinsame Funktionen und Leitungsbahnen zukommen. Es folgt die Betrachtung des Kleinhirns, des Mittel- und Zwischenhirns, der Hemisphären und der großen kortikalen Ganglien.

Es ergab sich als zweckmäßig, in jedem dieser großen Abschnitte die funktionellen Beziehungen der Teile zu behandeln, und zwar zunächst bezüglich der Centra und sodann hinsichtlich der Leitungssysteme. Voran geht eine Darstellung allgemeiner Verhältnisse der Centralfunktionen (Tätigkeitsbedingungen der Centra, Erregung, Hemmung usw.).

Man konnte natürlich nicht umhin, auf gewisse Zustände der Organtätigkeit einzugehen, doch geschah das in möglichster Kürze und ohne Besprechung der Literatur, die viel Raum erfordert hätte. Die eigentliche Funktionslehre des Gehirns konnte dafür um so vollständiger dargestellt werden. Im Gebiete der experimentellen Physiologie der Centralteile, sowie der Pathologie des Centralnervensystems, die in funktionellen Fragen oft mehr Licht bringt als die experimentelle Physiologie, war man auf Berücksichtigung des Wesentlichen bedacht.

Daß das Werk außer dem literarischen Material wesentlich auf eigenen Forschungen und Ergebnissen aus des Verfassers Laboratorium basiert, wird bald bei einer Durchsicht des Werkes sich bemerkbar machen. Nur so war ein erreichbarer Grad der Vollständigkeit zu erzielen. Mit voller Anerkennung gedenke ich hier der Mitarbeit aller Derjenigen, denen in meinem Laboratorium die Bearbeitung zahlreicher Spezialgebiete oblag. Ihre Leistungen, soweit sie der Darstellung eines Gesamtbildes der Gehirnfunktion zugute kommen, sind gehörigen Ortes gewürdigt worden.

St. Petersburg, im Dezember 1910.

W. v. Bechterew.

Inhaltsübersicht zum 3. Heft.

Sechster Abschnitt.

Hemisphären des Großhirns.

Die Darstellung der Funktionsverhältnisse der Großhirnhemisphären geht in erster Linie von den Erscheinungen aus, welche man nach der totalen Exstirpation dieses Gehirngebietes beobachtet. Ich werde hier auf die schon früher geschilderten Befunde an den so operierten Tieren nicht nochmals eingehen, doch ist eine allgemeine Zusammenfassung derselben hier am Platze, soweit sie geeignet sind, über die funktionelle Bedeutung und die Leistungen der Großhirnhemisphären Licht zu verbreiten.

I.

Die Lehre von der Lokalisation der Rindenfunktionen.

1. Allgemeines über die Funktionen der Großhirnhemisphären.

Es wurde schon früher darauf hingewiesen, daß die Ausschaltung der Hemisphären selbst bei den höheren Tieren nicht zu einer vollständigen Aufhebung der Perzeption der äußeren Reize führt. Nur der Geruch erlischt definitiv bei der in diesem Experiment unvermeidlichen Entfernung der Riechlappen. Die Perzeption aber wird begleitet von einer äußeren Reaktion, welche der spezifischen Tätigkeit der Sinneswerkzeuge eigentümlich ist und in ihrer Intensität veränderlich erscheint. Zugleich machen sich auch entsprechende allgemeine Reaktionen geltend, unter anderem die Reaktion des Hungers und Durstes. Doch findet man an den Versuchstieren keinerlei Zeichen dafür, daß sie zusammengesetzte Eindrücke von den Gegenständen der Außenwelt empfangen und die erhaltenen Eindrücke in entsprechender Weise schätzen.

Aus zahlreichen Versuchen über Entfernung der Großhirnhemisphären bei den Vögeln und Säugetieren (Hund) haben wir ersehen, daß solche Tiere auf äußere Reize in ungleicher Weise reagieren, je nachdem ob wir die Hautoberfläche bezw. die Schleimhäute mit schwachen oder mit starken Mitteln reizen. In allen Fällen steht die Antwortbewegung in Abhängigkeit von der Intensität des Außenreizes und von seiner Lokalisation. Ein Hund ohne Hemisphären, wenn man

die Seitenfläche des Rumpfes irritiert, macht Kratzbewegungen mit dem entsprechenden Hinterbein und verhält sich in dieser Beziehung ungefähr wie ein enthirnter Frosch, welcher den Schwefelsäuretropfen von seiner Hautoberfläche fortzuwischen versucht. Reizt man dagegen eine der Pfoten des Hundes durch stärkere Ströme oder durch Stechen mit einem spitzen Gegenstand, dann wird das Tier unruhig, heult und sucht die gereizte Stelle mit den Zähnen zu erreichen. Falls man das Tier an der Schnauze erfaßt und mit den Fingern die Nasenöffnungen verschließt, so sucht es sich zu befreien, indem es mit den Vorderbeinen sich gegen die Hand des Experimentators anstemmt.

Man erkennt also, daß äußere Hautreize bei Säugetieren ohne Hemisphären eine Antwortreaktion hervorrufen, welche dem Orte der Einwirkung des Außenreizes angepaßt erscheint. Wir kennen aber bisher keine Tatsache, welche bezeugen würde, daß derartig operierte Tiere differenzierte Eindrücke von den Gegenständen der Außenwelt aufzunehmen vermöchten. Der Hund ohne Großhirn packt mit den Zähnen und beißt nicht selten das eigene Bein statt des stechenden Instrumentes, was zur Reizung diente. Daraus folgt, daß die erwähnte Reaktion keineswegs dem reizerzeugenden äußeren Werkzeug angepaßt erscheint.

Demnach werden Hautreize von den Versuchstieren zwar wahrgenommen, aber immer nur in Gestalt von Abdrücken, welche dem Tiere nicht eine volle räumliche Perzeption des äußeren Objektes ermöglichen. Zum mindesten können wir uns mit keinen Mitteln von dem Gegenteil überzeugen. Gleiches gilt auch bezüglich der Eindrücke, welche die Tiere vermittelst anderer Sinneswerkzeuge, Gehör, Auge, Geruch, Geschmack in sich aufnehmen. Das Versuchstier ist dem Einfluß der Außenreize, welche auf diese Sinnesapparate einwirken, zugänglich, wir können aber, soviel wir die vorhandenen Erscheinungen auch analysieren, nicht daraus erschließen, daß bei einem solchen Tier Abdrücke der Außenobjekte von bestimmter Dimension und Form zur Ausbildung gelangen könnten. Offenbar ist eine derartige Raumperzeption keine Leistung der subkortikalen Hirngebiete, sondern Produkt der Tätigkeit der Gehirnrinde.

Eine Bestätigung der Richtigkeit dieser Sätze kann anscheinend auch aus dem Gebiet der Pathologie geschöpft werden. Wenigstens waren alle mir bekannten Fälle von Blindheit, die nach ausgedehnten Zerstörungen der Hinterhauptlappen auftrat, nicht von totalem Verlust des Sehvermögens begleitet. Doch hatten die betreffenden Kranken nur eine quantitative Lichtperzeption, mit anderen Worten, sie unterschieden hell von dunkel, aber die Richtung der Lichtquelle konnte im Allgemeinen nur recht mangelhaft angegeben werden.

Es gehört also bei den höheren Tieren zu der Tätigkeit der Gehirnrinde die Bildung räumlich differenzierter Eindrücke mit ihren äußeren Conturen bezw. ihrer Form und ihrer Lokalisation in dem umgebenden Raume.

Ebenso offenbaren Tiere ohne Großhirnhemisphären selbst bei der Einwirkung entsprechender Außenreize nicht jene Emotionen, welche, wie die Zeichen der Dankbarkeit, Ergebenheit usw., sonst im engsten Zusammenhange mit zusammengesetzten und qualitativ differenzierten Eindrücken der Außenreize zur Entwicklung gelangen.

Demnach stellt sich eine gewisse Reihe von Emotionen, die in direktem Zusammenhang mit der Ausbildung räumlich differenzierter Abdrücke entstehen, also die Emotionen höherer Ordnung, ebenfalls als unmittelbares Erzeugnis der Tätigkeit der Großhirnhemisphären dar.

Ferner weisen alle vorhandenen Tatsachen mit Entschiedenheit darauf hin, daß Tiere ohne Großhirn die Resultate früherer Erfahrungen sich nicht zu nutze machen. Sie erkennen daher nicht die früher schon erfahrenen äußeren Reize und zugleich fehlt ihnen das Vermögen, stattfindende Perzeptionen mit früher stattgefundenen zu kombinieren.

So viel wir das Bein eines enthirnten Vogels auch mit einem scharfen Gegenstand bearbeiten, so weicht das Tier diesem Gegenstand infolge von Reflex zwar aus, aber es fliegt nicht davon, selbst wenn der schmerzhafte Reiz mehrfach wiederholt wird. Ebenso verhält sich ein Hund ohne Großhirn, wenn man ihn mit einem stechenden Instrument insultiert; er äußert alle Anzeichen des Zornes und schnappt mit den Zähnen, was er an der gereizten Stelle gerade anpackt, und sei es auch das eigene Fleisch; aber fort geht das Tier nicht und sucht sich nicht weiteren Mißhandlungen durch die Flucht zu entziehen, wie dies jeder gesunde Hund aus alter Erfahrung vorzieht.

Weiterhin muß den Tieren ohne Großhirn Futter und Trank in direkte Berührung mit der Mundhöhle gebracht werden; denn nur in diesem Falle macht es die zur Nahrungsaufnahme notwendigen Bewegungen. Und zwar muß dieses Hinhalten des Futters oder Trankes so lange fortgesetzt werden, bis das Tier satt ist; denn falls man es nach dem ersten Schluck sich selbst überläßt, fällt es ihm nicht ein, spontan die Futter- oder Trankaufnahme fortzusetzen.

Das Tier verliert also mit den Hemisphären ganz oder nahezu ganz seine reproduktiv-assoziative Tätigkeit und damit die Grundlage der sog. psychischen Funktionen, welche auf vorhandener Erfahrung beruhen.

Es bedarf keiner Erläuterung, daß andere Äußerungen psychischer Tätigkeit, wie die Konzentrierung auf die Außenwirkungen, also das, was man in der subjektiven Psychologie Aufmerksamkeit nennt, nicht im geringsten Maße den der Großhirnhemisphären beraubten Tieren zukommt. Man muß also diese merkwürdigen Vorgänge psychischer Tätigkeit, welche eine reproduktiv-assoziative Tätigkeit der Nervencentra voraussetzt, ebenfalls zu den Leistungen der Großhirnhemisphären hinzuzählen.

Beim Menschen gehört zu den Funktionen der Gehirnhemisphäre auch die Sprache, welche ebenfalls auf reproduktiv-assoziative Tätigkeit der Nervencentra sich gründet.

Obiges zusammengefaßt finden wir also folgendes: Tiere, welchen man die Großhirnhemisphären exstirpiert hat, nehmen zusammengesetzte räumlich differenzierte Außeneindrücke nicht wahr, äußern nicht gewisse Emotionen, machen sich die Erfahrungen nicht zu nutze, ermangeln der Vorgänge, durch welche eine Kombination zeitlich verschiedener Außenwirkungen zu Stande kommt und haben nicht die Reaktion der Konzentrierung.

Endlich findet man in der psychomotorischen Sphäre der Tiere ohne Großhirnhemisphären die Eigentümlichkeit, daß sie ein äußerst passives Benehmen zeigen und äußerlich an schläfrige Tiere erinnern. Wenn die operierten Tiere hin und wieder spontan ihre unbewegliche

Haltung aufgeben, so beruht dies in mehr als augenscheinlicher Weise jedesmal entweder auf irgend einem Außenreiz oder auf der Wirkung bestimmter Innenreize, wie Hunger, Durst u. dergl.

Überhaupt besteht hier weder jene Reaktion der Konzentrierung, noch jene Initiative der Bewegungen, welche gesunde Tiere unabhängig von irgendwelchen äußeren Eindrücken, lediglich auf Grund des vorhandenen Vorrates der Abdrücke, welche aus früheren Erfahrungen herrühren und auf Grund der Kombination der stattgefundenen Abdrücke mit den stattfindenden nicht selten zum Ausdrucke bringen. Mit anderen Worten, das großhirnlose Tier ist im Besitz aller Reflexbewegungen, der statischen Koordination der Bewegungen, der lokomotorischen Bewegungen und eines großen Teiles der reflektorischen Bewegungen; es fehlt ihm aber der selbständige Antrieb zur Bewegung, welcher ebenfalls als eine Folge der Betätigung der Großhirnhemisphären sich darstellt.

Da der spontane Antrieb in besonders charakteristischer Weise durch gesonderte Bewegungen, entstehend unter dem Einflusse des individuellen Triebes, seinen Ausdruck findet, so wird verständlich, daß bei den höheren Tieren nach der Fortnahme der Großhirnhemisphären alle sogenannten isolierten oder Einzelbewegungen aufgehoben sind, welche die Gliedmaßen in ihrer Eigenschaft als Werkzeuge ausführen und deren das Tier sich immer zu einem ganz bestimmten Zweck bedient.

Es verdient betont zu werden, daß die kortikalen Bewegungsimpulse nicht ohne Einfluß auf die Verrichtungen der subkortikalen Gehirnregionen bleiben, welche motorische Funktionen erfüllen.

So z. B. sind Statik und Lokomotion unbestreitbare Resultate der Tätigkeit subkortikaler Gehirnteile. Beide sind aber nichtsdestoweniger den Rindencentren untergeordnet und zwar so, daß die kortikalen Einflüsse in dem aufsteigenden Tiere im Wachsen begriffen sind.

Denn bei den Fischen, Amphibien und Reptilien bedingt die Entfernung der Hemisphären gar keine Beeinträchtigung der statischen Koordination und des Lokomotionsvermögens; bei vorhandenem äußeren Anreiz können sich solche Tiere vielmehr in befriedigender Weise fortbewegen. Aber schon bei den Vögeln, namentlich bei den Raubvögeln, bemerkt man eine charakteristische Krümmung des der entfernten Hemisphäre entgegengesetzten Beines. Dennoch können auch Vögel nach der Exstirpation der Hemisphären noch vorzüglich stehen und sie bewegen sich sowohl mit den Beinen, wie mit den Flügeln weiter.

Säugetiere hingegen zeigen bereits deutliche Anzeichen von Parese der Gliedmaßen nach vollzogener Entrindung, und diese Parese erscheint um so auffallender, je mehr bei einem Tier die sogenannten Einzelbewegungen ausgebildet sind. Sowohl an der Statik, wie an der Lokomotion treten bereits gewisse Mängel der Koordination der Muskelkontraktionen hervor.

Das Experiment bezeugt sogar, daß Gliedmaßen, welche wie die vorderen Extremitäten zur Ausführung isolierter Bewegungen besser angepaßt sind, durch die Entrindung eine lebhaftere funktionelle Beeinträchtigung bei der Statik und Lokomotion erfahren. Bei dem Menschen, wo das Vermögen der isolierten Bewegung höchste Ausbildung gewinnt und dessen Statik und Lokomotion infolge der aufrechten

Körperhaltung eine stärkere Anspannung der Muskulatur und eine kompliziertere Koordination des Muskelspieles notwendig macht, erscheinen diese Funktionen in einem noch höheren Maße kortikalen Impulsen untergeordnet und erleiden daher in Fällen von Affektionen der Großhirnhemisphären eine weitaus empfindlichere Beeinträchtigung, als dies bei den Tieren der Fall ist.

Was die Passivität der Tiere ohne Großhirn betrifft, so handelt es sich hier nicht allein um Mängel der Konzentrierungsreaktion gegenüber den Außenwirkungen und um einen Ausfall von Einzelbewegungen, die sich auf ein bestimmtes Ziel richten, sondern diese Passivität äußert sich auch darin, daß die operierten Tiere, sich selbst überlassen, sich gegenüber den Bedingungen der Umgebung indifferent verhalten; spontan zeigen sie keinerlei psychisch bedingte Bewegungen, u. a. auch keine Ausdrucksbewegungen. Niedere Emotionen können bei solchen Tieren übrigens noch auftreten, aber immer nur als Folge direkter Einwirkung von Außenreizen, also im Wege des direkten Reflexes.

Man muß also das Vermögen der selbständigen Betätigung der Ausdrucksbewegungen unter dem Einflusse psychischer Impulse, oder mit anderen Worten das Vermögen der psychisch bedingten Ausdrucksbewegungen ebenfalls auf die Tätigkeit der Großhirnhemisphären beziehen.

Es ergibt sich sodann aus speziellen Untersuchungen, daß die großhirnlosen Tiere auch jener reaktiven Erscheinungen von Seiten der inneren Körperorgane (Atmung, Herz, Gefäßsystem, Drüsen) ermangeln, welche man bei allen normalen Tieren bei bestimmten psychischen Einwirkungen auftreten sieht.

Es gehören hierher die durch psychische Impulse bewirkten Veränderungen der Tätigkeit der Atmung, der Herzkontraktionen, des Magendarmkanals, der Geschlechtsorgane, der Körpergefäße, der Tränensekretion, der Schweißausscheidung, der Speichelabsonderung und der Sekretionen der übrigen Verdauungssäfte usw.

Es gehören also zu den Leistungen der Großhirnhemisphären auch die psychisch begründeten, unter Einfluß reproduktiv-assoziativer Tätigkeit der Nervencentra entstehenden Bewegungen der inneren Körperorgane, sowie die psychisch bedingten Veränderungen der Atmung, der Herz- und Gesamttätigkeiten, der Sekretionen usw., also jener Erscheinungen, durch welche die Großhirnhemisphären auf den Stoffwechsel und auf die Gewebsernährung Einfluß üben.

Zu den Erscheinungen endlich, welche man konstant bei den Tieren ohne Großhirn antrifft, gehören ferner Veränderungen der Haut- und Sehnenreflexe, sich äußernd in einer Herabsetzung jener und einer Steigerung dieser; sodann Veränderungen des Muskeltonus. Daher wird man auch die kortikalen Einflüsse auf die Reflextätigkeit der Muskulatur mit in die Leistungssphäre des Großhirns einzubeziehen haben.

Alles in allem umfaßt die Funktion der Großhirnhemisphären: Die Bildung der zusammengesetzten räumlich differenzierten Eindrücke, die Äußerung der höheren Emotionen, die Bewahrung der stattgefundenen Abdrücke und ihre Kombination mit den neu stattfindenden, die Vorgänge der Konzentrierung, die Vollziehung werkzeugartiger Einzelbewegungen, die psychisch bedingten Ausdrucksbewegungen,

die Beeinflussung der Statik und Lokomotion der höheren Säugetiere, die psychische Beeinflussung der Tätigkeit der inneren Körperorgane, des Herzens und des Gefäßsystems, der Atmung und der Sekretion und hierdurch mittelbar auch der Gewebsernährung, endlich den Einfluß auf die Haut- und Sehnenreflexe, sowie auf den Muskeltonus.

Als in erster Linie charakteristisch für die Leistungen der Großhirnhemisphären erscheinen übrigens die höheren psychischen Prozesse. Die psychische Tätigkeit[1]) in ihren kompliziertesten Formen bildet unbestreitbar die erste und Grundfunktion des Großhirns. In der Tat treten Mängel dieser Funktionen bei der Entfernung der Großhirnhemisphären an allen Wirbeltieren, die niedersten Formen derselben nicht ausgenommen, deutlich hervor, während die übrigen Leistungen bei diesen letzteren gewöhnlich durch die Entrindung keine wesentliche Einbuße erfahren.

So z. B. ist selbst beim Frosche nach vollzogener Abtragung der Hemisphären ein deutlicher Mangel der Schätzung der Umgebung zu bemerken; das Tier ist auch unfähig, sich selbst seine Nahrung zu verschaffen und es fehlt ihm jede eigene Iniatiative zur Bewegung (Quakversuch von Goltz), wenn es sich bei seinen Lokomotionen auch in bekannter Weise der Mithilfe nicht nur der Haut- und Muskelimpulse. sondern auch der optischen Impulse bedient.

In der aufsteigenden Wirbeltierreihe wirken gewissermaßen in das Funktionsgebiet der Großhirnhemisphären Leistungen hinein, welche früher den subkortikalen Perzeptionsgebieten angehörten und zugleich übernehmen die Hemisphären bis zu einem gewissen Grade die Oberleitung auch über die subkortikalen Bewegungsapparate.

Kurz, das Großhirn wird aus einem nur psychische Leistungen tragenden Organ nach und nach zu einem Organ, das vorwiegend die komplizierten psychischen Tätigkeiten leitet, gleichzeitig aber auch auf die sensitiv-motorischen und somatischen Organismusfunktionen Einfluß ausübt und dies in umso höherem Maße, je mehr wir uns den höheren Typen der Tierwelt nähern.

Es ergibt sich also zur Evidenz, daß in der aufsteigenden Tierreihe die Funktionen der Großhirnhemisphären sich nicht allein in qualitativer, sondern auch in quantitativer Beziehung immer mehr ausdehnen.

Will man die hier in Betracht kommenden Experimentalbefunde vom Standpunkte der Anatomie und Physiologie richtig beurteilen, dann muß man sich erinnern, daß Ergebnisse der Abtragung der Großhirnhemisphären, da die ungeheuere Masse der weißen Substanz derselben aus Leitungsbahnen besteht, sich im Grunde auf die graue Substanz der Hemisphären beziehen.

Demnach vollziehen sich jene komplizierten Verrichtungen, von welchen vorhin die Rede war, bei der Betrachtung der Ergebnisse der Hemisphärenexstirpation, vermöge der ausgedehnten Schicht der grauen Substanz der Hemisphären mit ihrem weit ausgebildeten System von Assoziationsbahnen, welche die assoziative Tätigkeit der verschiedenen Felder der grauen Rinde bedingen.

---

[1]) Bei dem Ausdruck „psychisch“ ist immer an einen auf reproduktiv-assoziativer Tätigkeit der Nervencentra beruhenden Prozeß zu denken.

2. Erste Grundlegungen der Lehre von der Lokalisation der Rindenfunktionen.

Die Ergebnisse der experimentellen Abtragung der Großhirnhemisphären, die auf Flourens zurückführen, eröffnen uns, wie aus den vorstehenden Darlegungen sich ergibt, einen Ausblick auf die komplizierten Funktionsgebiete der Gehirnrinde. So sehr aber auch Flourens' Verdienste um die Erkenntnis der Rindenfunktionen sein mögen, ist es ihm — die wissenschaftliche Objektivität darf diesen Punkt nicht umgehen — nicht gelungen, tiefer in den Mechanismus der Verrichtungen der Gehirnrinde einzudringen und die Rindenfunktionen jenem Lichte zu erschließen, welches gegenwärtig diese Gebiete erhellt. Namentlich die funktionellen Unterschiede der einzelnen Rindenterritorien sind ihm ganz entgangen.

An Vögeln operierend fand Flourens nicht die Gelegenheit, besondere Erscheinungen zu verfolgen, wie man sie bei der Abtragung einzelner Teile der Großhirnhemisphären wahrnimmt. Es schien nach seinen Versuchen, daß bei der schichtweisen Abtragung der Großhirnhemisphären in der ersten Zeit nach dem Eingriff gar keine Störungen der intellektuellen und der Willenssphäre bei den Versuchstieren auftreten. Im Maße der fortschreitenden Abtragung immer größerer Teile der Hemisphären wurden die Tiere allmählich immer stumpfer, bis schließlich alle Anzeichen von Intellekt und Willen ausblieben. Doch sollte nach Flourens' Beobachtungen beides mit der Zeit einer gewissen Restitution fähig sein, solange noch Teile der Großhirnhemisphären verschont bleiben.

Auf Grund dieser Ergebnisse ward Flourens schließlich zu einem Anhänger der Lehre von der sogenannten Einheit der psychischen Funktionen, welche besagen sollte, daß an dem psychischen Leben alle Teile des Großhirns in gleichem Maße mitwirken. Im Sinne dieser Lehre galt selbst nach der Abtragung großer Gebiete der Hemisphären die allmähliche totale Wiederherstellung der psychischen Leistungen des Versuchstieres auf Grund der kompensatorischen Tätigkeit des verschonten Teiles der Hemisphären noch für möglich.

Man nahm also an, das Gehirn sei in der Gesamtheit seiner Teile wirksam und jeder einzelne Teil der Hemisphäre sei ihrer Funktion nach vollkommen gleichwertig jedem beliebigen anderen Teil; alle Teile der Hemisphäre sollten also an der Schaffung der psychischen Sphäre in vollkommen gleichem Maße engagiert sein.

Zugleich ward der Gehirnrinde eine motorische Funktion nicht zugeschrieben, eine Auffasung, welche nach Flourens noch von Magendie, Longet, Matteucci, Schiff, Goltz und einigen anderen festgehalten wurde.

Es verdient übrigens Erwähnung, daß es Flourens nicht entgangen war, daß die Abtragung der Hemisphären eine Schwächung des Muskelsystems zurückläßt. Er hielt diese Erscheinung aber für etwas indirektes, für ein Symptom, welches er dem Einflusse der Operation auf die Tätigkeit des Kleinhirns zuschrieb.

Die durch Flourens' Autorität gestützte Lehre von der Einheit der psychischen Funktionen, welche den damals vorherrschenden philo-

sophischen Auffassungen von der Einheit des Bewußtseins zu Gute kam, hat sich ungefähr ein halbes Jahrhundert lang in der Wissenschaft behauptet, ungeachtet des offenbaren Widerspruches, in welchem diese Lehre zu den damals schon vorhandenen klinischen Erfahrungen stand. Aber selbst wenn man von diesen vereinzelten klinischen Beobachtungen ganz absieht, bleibt den Klinikern immerhin noch das große Verdienst, der Physiologie in der Annahme besonderer Funktionen für die einzelnen Territorien der Gehirnrinde um viele Jahre vorausgeeilt zu sein.

Diese klinischen Errungenschaften knüpfen in erster Linie an die Namen von P. Broca und H. Jackson an.

Broca hat als erster auf Grund einer Reihe sorgfältig gesammelter Fälle nachgewiesen, daß beim Menschen der hintere Abschnitt der dritten Stirnwindung der linken Hemisphäre — jetzt als Broca'sche Windung allgemein bekannt — direkte Beziehungen zu der Sprachfunktion hat, da Erkrankungen dieser Stelle stets von Verlust der Sprache oder von sogenannter Aphasie begleitet werden.

Andererseits erschloß H. Jackson aus einer ganzen Reihe klinischer Beobachtungen über sogenannte partielle Epilepsie, welche später den Namen Jackson'sche Epilepsie erhielt, daß die Krämpfe bei dieser Epilepsieform von der Erkrankung bestimmter Gebiete der Gehirnrinde herrühren.

Schon früher hatte Right sich in gleichem Sinne geäußert, daß nämlich die Krämpfe bei der partiellen Epilepsie durch eine Affektion bestimmter Partien der Rinde bedingt sind. Seine Mitteilung fand aber in der Literatur nur wenig Beachtung und so werden jetzt alle Verdienste in dieser Beziehung H. Jackson zugeschrieben, welcher in entschiedener Weise für eine Entstehung der Krämpfe bei partieller Epilepsie durch die Affektion der Großhirnrinde der entgegengesetzten Hemisphäre eintrat.

So wertvoll nun auch diese klinischen Errungenschaften an sich waren, vermochten sie jenes Dogma von der Einheit der psychischen Funktionen so lange nicht zu brechen, als eine Erhärtung durch das direkte physiologische Experiment ihnen nicht zur Seite stand.

Erst im Jahre 1870 machten Fritsch und Hitzig die bedeutsame Entdeckung, daß die Reizung bestimmter Stellen der Gehirnrinde mit dem konstanten Strom immer mit bestimmten, vollkommen isolierten Bewegungen der Gliedmaßen beantwortet wird. Bei der Prüfung der Erregbarkeit des Gehirns fanden Fritsch und Hitzig, daß an der Oberfläche der Gehirnrinde des Hundes in der Umgebung des Sulcus cruciatus mehrere erregbare Punkte vorhanden sind und daß die Reizung des einen dieser Punkte Kontraktionen der Halsmuskeln, die Reizung des zweiten Streckung und Adduktion der vorderen Extremität, die Reizung des dritten Bewegung und Drehung der Vorderextremität, die Reizung des vierten Bewegungen des Hinterbeines, die Reizung des fünften Punktes Kontraktionen der Gesichtsmuskeln hervorruft. Bei stärkerer Reizung des ganzen Feldes, über welches diese Punkte verteilt sind, traten allgemeine Krämpfe auf, während die Abtragung desselben einen paretischen Zustand der Gliedmaßen der entgegengesetzten Seite zurückließ. Die genannten Reizpunkte (Fig. 238) beschränken sich, wie Fritsch und Hitzig feststellten, auf den relativ kleinen Bezirk der Gehirnrinde, welche den Sulcus cruciatus angibt und als Gyrus sigmoideus bekannt ist; die Reizung der übrigen Gebiete der Gehirnrinde

des Hundes bewirkte keinerlei Bewegungen der Gliedmaßen des Versuchstieres.

Diese Befunde bedingten eine förmliche Umwälzung der Anschauungen über die Funktionen der Großhirnhemisphären und legten den Grund zu der späteren Lehre von der funktionellen Lokalisation in der Gehirnrinde.

Die Untersuchungen von Fritsch und Hitzig erregten die allgemeine Aufmerksamkeit in einem Grade, daß nunmehr die Gehirnrinde zum Gegenstand allseitiger Studien in der Physiologie und klinischen Pathologie wurde. Schon bald folgte diesen Untersuchungen die äußerst bedeutsame Arbeit von Ferrier, welcher unter Benutzung des unterbrochenen Stromes beim Studium der Gehirnrinde eine sehr große Anzahl von Punkten auf der Gehirnoberfläche des Hundes namhaft machte, deren Reizung von bestimmten Bewegungen der Gliedmaßen der entgegengesetzten Seite gefolgt war. Dabei fand Ferrier die erregbaren Punkte fast über die ganze convexe Oberfläche des Hundegehirns zerstreut. Als besonderes Verdienst ist Ferrier, abgesehen von der durch ihn eingeführten Anwendung des faradischen Stromes zur Reizung der Gehirnrinde, der Umstand anzurechnen, daß er außer Hunden auch andere Tiere (Katze, Schakal, Kaninchen, Taube, Frosch usw.) in das Experiment einführte und daß er zuerst die Gehirne der Affen untersuchte, welche bekanntlich den menschlichen Verhältnissen am nächsten stehen. Es ergab sich aus seinen Versuchen u. a., daß die Centra der Gehirnrinde bei den höheren Tieren eine starke Differenzierung aufweisen.

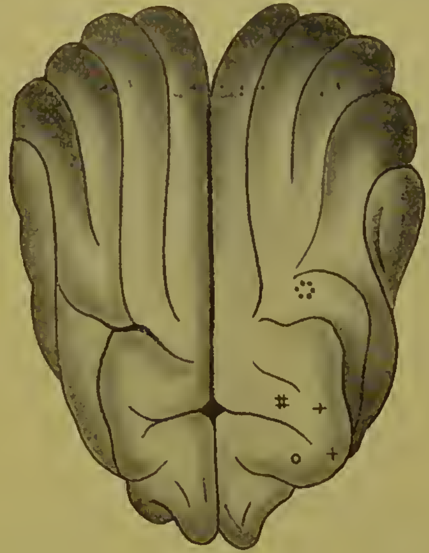


Fig. 238.
Die Lokalisation der Rindenfunktionen beim Hunde, nach den Untersuchungen von Munk.

Ferrier ging bei seinen Untersuchungen näher auf die Einzelheiten der motorischen Centra, welche er beschrieb, ein und prüfte ferner in den hinteren Abschnitten der Gehirnrinde die Lokalisation einer Reihe besonderer sensitiver bezw. perzeptorischer Centra, nämlich das (übrigens schon früher von Hitzig angegebene) Sehcentrum, ferner das Gehörcentrum, das Geschmackscentrum und das Geruchscentrum.

Auf Ferrier's Untersuchungen folgten diejenigen von Munk (Fig. 238). Er lieferte in erster Linie eine eingehendere Darstellung der Perzeptionscentra, insbesondere des Seh- und Gehörcentrums.

Daran schlossen sich die Arbeiten von Luciani und späterhin diejenigen von Horsley, Schäffer, Mott u. a. Zu erwähnen ist dabei, daß außer den genannten experimentellen Untersuchungen, die noch bis jetzt ihren Abschluß nicht gefunden haben, die klinischen Studien von Charcot und der Salpêtrière einen größeren Einfluß auf die Ausbildung der Lehre von den kortikalen Lokalisationen geübt haben. Dies gilt auch von einer ganzen Reihe anderer klinischer Forscher,

unter denen namentlich der schönen Untersuchungen von Wernicke zu gedenken ist, welche eine Lokalisation des akustischen Kopfcentrums beim Menschen in den oberen Windungen des linken Schläfenlappens begründet haben.

Vermöge aller dieser Forschungen hat die Lehre von den Lokalisationen in der Gehirnrinde sich relativ schnell das wissenschaftliche Bürgerrecht erobert, nach Überwindung manchen bitteren Angriffes von physiologischer Seite, namentlich von Goltz, dessen Verdienste um die Erkenntnis der Gehirnfunktionen. wenn auch in anderer Richtung, bedeutend sind.

Auch diese Angriffe gingen nicht spur- und nutzlos vorüber. Sie drängten vielmehr die Vorkämpfer der Lokalisationslehre zu allseitiger Umsicht und deckten alle jene Blößen auf, die bei der Verfolgung großer Fragen, namentlich wenn es neue sind, nie ausbleiben.

So ward man nach und nach zu einer kritischen Auffassung der Dinge geführt und es entstand schließlich jenes Gebäude, das gegenwärtig alle Kliniker zu den Seinen zählt. Wenn sich diesen bisher noch nicht alle Physiologen angeschlossen haben, so liegt dies vielleicht an dem benutzten Untersuchungsobjekt; denn von dem Tierhirn, als Gegenstand des physiologischen Experimentes, unterscheidet sich das Menschenhirn durch eine auffallende Ausbildung der Gehirnrinde und damit auch durch deutlichere Differenzierung ihrer Centra.

3. Kritische Betrachtung der Lehre von der funktionellen Lokalisation in der Gehirnrinde.

Ehe auf die Lehre von der Lokalisation der Rindenfunktion näher eingegangen werden kann, sind hier zunächst alle Tatsachen zu betrachten, welche bezeugen sollen, daß die motorische Wirkung. die man bei der Reizung der Gehirnrinde beobachtet, in der Tat eine Folge der Erregung der Gehirnrinde selbst, nicht aber der darunter liegenden Gehirnteile ist.

Noch vor 25 Jahren hatte diese Frage einen recht akuten Stand und war Gegenstand lebhafter Diskussionen. Gegenwärtig hat sie ihren akuten Charakter zum großen Teil schon verloren. Nachklänge davon findet man aber noch relativ spät in einer Reihe kategorischer Aufstellungen seitens hervorragender Physiologen, die der Frage nahestehen. Noch im Jahre 1884 erklärte Goltz, es sei unmöglich zu behaupten, daß man mit dem galvanischen Strom tatsächlich die graue Substanz der Gehirnrinde erregt; der Einwand, daß die Muskelkontraktionen durch Stromschleifen, welche durch die tiefen Schichten der weißen Substanz hindurchgehen, ausgelöst werden, ist unwiderlegt geblieben.

Goltz betrachtet die Hemisphären des Großhirns als Hemmungsorgan. Hunde mit ausgedehnten Läsionen der vorderen Gehirnpartien zeigen eine gesteigerte Neigung zur Bewegung und nehmen einen erregten, zornigen, aggressiven Charakter an, während Hunde mit ausgedehnten Beschädigungen der hinteren Gehirnregion ruhig, sanft und still werden selbst in dem Fall, wenn sie vorher böse waren. Dies hängt aber eher damit zusammen, daß Hunde mit Läsionen der hinteren

Hemisphärenregion nach Goltz's eigenen Worten schwer dement werden, weshalb sie ein so apathisches Verhalten zeigen (Hitzig).

Viele von den Erscheinungen, welche durch Beschädigungen der Gehirnrinde bedingt werden, sucht Goltz durch eine Hemmungswirkung auf die subkortikalen Regionen zu erklären. Goltz beruft sich zur Begründung dieser seiner Auffassung u. a. auf die Befunde von Malinowski, welcher durch Einspritzung von Eitermikroben in das Gehirn einen Abszeß der motorischen Zone hervorrief, welcher bei seinem allmählichen Fortschreiten zur Ausbildung von Hemiplegie führte, während die Entfernung des Abszesses die motorischen Störungen bis zu einem Grade einschränkte, wie sie auch sonst nach der Abtragung der motorischen Zone sich darstellen. Die Erklärung dieses Versuches liegt jedoch darin, daß der Abszeß an und für sich auch einen Druck auf die umgebenden Teile ausüben kann unter Ausbildung von Ödemerscheinungen an dem benachbarten Gewebe, wie sie bei gewöhnlichen traumatischen Läsionen nicht vorkommen.

Was die Frage nach den Lokalisationen in der Gehirnrinde betrifft, so führt die Abtragung der Großhirnhemisphären nach seinen Beobachtungen im Endresultat zu einem Ausfall aller Äußerungen, aus welchem wir auf Vorhandensein von Verstand, Begriffen, Nachdenken und Intellekt bei den Versuchstieren schließen können.

Ursprünglich war Goltz der Meinung, daß jeder Abschnitt der Gehirnrinde unabhängig von den anderen durch Leitungsbahnen mit allen willkürlichen Muskeln verbunden sei und andererseits mit allen sensiblen Nerven des Körpers in Verbindung stehe.

Im allgemeinen tritt Goltz in allen seinen Arbeiten als entschiedener Gegner der Lehre von den Gehirnlokalisationen auf. Nach seiner Ansicht kann jeder beliebige Teil der Rinde an den Funktionen mitwirken, welche der Bildung des Willens, der Empfindung, der Vorstellungen und des Denkens zu Grunde liegen. Dabei hat jeder Teil des Gehirns eigene Verbindungen, sowohl mit den willkürlichen Leitungsbahnen, als auch mit allen sensiblen Nerven.

Indessen wurde Goltz durch seine Versuchsergebnisse späterhin genötigt, zuzugeben, daß der Hund, dem man den Hinterhauptlappen abtrug, sich in wesentlichen Punkten von einem Hunde unterscheidet, der einen großen Teil der vorderen Hemisphärenpartie verlor. Demnach haben die Lappen der Hemisphären unzweifelhaft nicht eine und dieselbe Bedeutung.

Man muß ferner beachten, daß Goltz die spezifische Funktion der subkortikalen Centren nicht leugnete. Da diese aber mit bestimmten Gebieten der Rinde verbunden sind, so geht schon daraus klar hervor, daß seine Anschauungen nicht in einem prinzipiellen Gegensatz zu der Lokalisationslehre ständen, ein Punkt, den Goltz in seinen späteren Schriften mehrfach betonte. Goltz betrachtete zwar alle kortikalen Erscheinungen als Folgen von Hemmung; da aber die Hemmung von bestimmten Rindenstellen nicht auf alle subkortikalen Regionen sich ausdehnt, sondern nur einige derselben betrifft, so ist auch darin ein gewisses Zugeständnis an die Lehre von den Rindenlokalisationen gegeben.

Es kommt ferner in Betracht, daß viele abweichende Befunde, die Goltz feststellte, ihre Erklärung in der von ihm angewandten Operationsmethode finden.

Nicht mit Unrecht bemerkt Hitzig, daß die Ungenauigkeit des Goltz'schen Operationsverfahrens im Punkte einer strengen Lokalisierung der Läsionen sich entschieden in seinen Auffassungen wiederspiegele. Wenn man zwei Trepanationsöffnungen anlegt und die Rinde mit einem starken Wasserstrahl ausspült, wie dies Goltz in seinen ersten Versuchen tat, dann kommt dabei ein starker Druck auf das Gehirn unvermeidlich zu Stande, und dies kann entlegene Erscheinungen zur Folge haben; auch ist es dabei kaum möglich, die Läsion in irgendwie bestimmten Grenzen zu halten. Goltz selbst hält es nicht für wesentlich, ob in einem Fall die eine Windung, im anderen eine zweite mehr beschädigt wird. Späterhin eröffnete Goltz größere Oberflächen der Rinde und spülte nur die entblößten Rindenstellen aus, was zwar schon eine gewisse Verbesserung der Methodik bedeutet, aber immerhin noch Einwendungen genug begegnet.

Goltz's spätere Operationsverfahren, in welchen er sich der Bohrmaschine und anderer Vorrichtungen bediente, erscheinen dem Studium der Funktionen einzelner Rindenbezirke besser angepaßt, doch sind auch diese Manipulationen noch weit entfernt von jenen Methoden der partiellen Ausschaltung der Rindenterritorien, welche der Darstellung der Lokalisationsverhältnisse in der Gehirnrinde tatsächlich Dienste tun.

Scharfe Angriffe erfuhr die Lehre von den Rindenlokalisationen auch durch Goltz's Schüler Loeb. Nach seiner Meinung beruht der ganze Streit über die Lokalisationsfrage auf einer ungenügenden Beachtung von Nebenumständen, Blutungen bei den Gehirnoperationen usw. Aber Loeb's eigene Versuche, sowie deren Beschreibung, sind weit entfernt, vollkommen zu sein, was man schon daraus ersieht, daß er selbst nach Exstirpation größerer Teile der motorischen Zone merkliche Wirkungen nicht angetroffen haben will. Eine Durchsicht von Hitzig's Kritik über diese Schriften reicht hin, um den Wert seiner Versuche und die Bedeutung seiner Angriffe auf andere Forscher zu beurteilen.[1])

Loeb schließt sich der Meinung von Goltz an, wonach die Großhirnhemisphären als Hemmungsorgan funktionieren sollen; aber er fügt diesem Satze weitere Erläuterungen hinzu. Da die vorderen Teile der Hemisphären anatomisch mit dem Bewegungsapparat zusammenhängen, so bieten sie dem Energiestrom zu den Muskeln ein Hindernis dar. Die hinteren Teile der Hemisphären sind mehr mit den sensiblen Apparaten verbunden, daher dienen sie als Hindernis für den Zufluß von Erregungen seitens der sensiblen Apparate.

Demnach äußert sich auch Loeb in dem Sinne, daß die hinteren Lappen der Gehirnrinde in nächster Beziehung zu den Sinnesperzeptionen stehen und speziell zum Sehen, während die vorderen Lappen gleiche Beziehungen zu der Motilität haben, und daß die Zerstörung der hinteren Lappen niemals zu Störungen der Motilität ohne Sehstörungen führt.

Aber in den Anschauungen Loeb's begegnet man gewissen Besonderheiten. Nach Loeb gibt es im Gehirn überhaupt keine Centren. Was man gewöhnlich so nennt, ist nach seiner Meinung in Wirklichkeit nichts anderes als Eintrittsstellen von Fasern, welche die Großhirnhemisphären mit den tiefliegenden segmentalen Ganglien verbinden. Wenn bei der Reizung dieser Fasereintrittsstellen Muskelkontraktionen

---

[1]) Hitzig, Archiv f. Psychiatrie 1902, Bd. 35, H. 2.

auftreten, so beruhen diese im Grunde auf einer indirekten Reizung der segmentalen Ganglien. Auch die segmentalen Ganglien spielen die Rolle einer protoplasmatischen Leitung. In Wirklichkeit hängen die Reaktionen ab von der Erregbarkeit der peripheren Formationen, d. h. der Sinneswerkzeuge und von der Anordnung der Muskeln. Demnach würde ein großer Teil davon, was wir jetzt unter Gehirnfunktion verstehen, nach Loeb als Funktion der peripheren Formationen aufzufassen sein.

Die wesentliche und ausschließliche Funktion des Gehirns, äußert sich Loeb, soll angeblich das assoziative Gedächtnis sein. Der Verlust des assoziativen Gedächtnisses ist eine wesentliche Störung, welche nach dem Verlust der Großhirnhemisphären eintritt. Die Tiere, welche ihre Großhirnhemisphären verloren haben, können nichts lernen und das, was wir Bewußtsein nennen, ist nur eine Funktion der assoziativen Tätigkeit des Gedächtnisses.

Hitzig weist jedoch mit Recht darauf hin, daß, wenn man unter segmentalen Centren die allgemein bekannten Reflexcentren versteht, wir in Loeb's Darlegungen im Grunde nur Hypothetisches und nichts Neues finden.

Hitzig's harte Kritik der Auffassungen von Loeb werde ich hier nicht weiter verfolgen.

Tonnini kam auf Grundlage von Versuchen zu dem Schluß[1], daß die Abtragung verschiedener, wenn auch benachbarter Teile der Gehirnrinde zu analogen Erscheinungen führt; identische Zerstörungen dagegen haben nicht immer gleiche Folgeerscheinungen. So z. B. besteht eine große Analogie der Folgeerscheinungen bei der Zerstörung des Schleifenhinterhauptlappens und des Scheitellappens, und ebenso zwischen den Folgen der Zerstörung des Stirn- und des Scheitellappens. Ungleiche Resultate erhält man bei Läsionen des Stirn- und Hinterhauptlappens, aber auch hier nicht ganz ungleiche, denn die Zerstörung des Stirnlappens bewirkt das Auftreten von Erscheinungen der Hinterlappenzerstörung öfter, als in dem umgekehrten Fall.

Motorische Erscheinungen erzielte Tonnini am leichtesten nach frontalen Zerstörungen, aber hier können sie gleichermaßen nach Zerstörungen des Gyrus sigmo-praefrontalis, des Gyrus sigmoideus, des Gyrus sigmo-parietalis und selbst des Parietalgebietes, wenigstens des vorderen Teiles, desselben auftreten, welcher gleich dem Gyrus sigmoideus für die Ausbildung der Hemiplegieerscheinungen von größter Bedeutung ist.

Zu analogen Resultaten gelangte Tonnini auch bezüglich der Lokalisationsverhältnisse der sensiblen (rezeptorischen) Rindengebiete. Er stellt die Spezifizität der Funktion des Hinterhaupt- und Schläfenlappens, ohne übrigens ihre Bedeutung zu verkleinern, in Abrede und nimmt an, daß für die Seh- und Hörfunktion das centrale und motorische Gebiet der Hemisphären, welchem die Bedeutung eines zusammengesetzten Sinnescentrums zukomme, eine größere Rolle spiele.

Zufolge der Angaben Tonnini's führen Läsionen der Scheitellappen und zwar der vorderen Hälfte der zweiten und dritten Primärwindung zu Seh- und Gehörstörungen von fast identischer Intensität. Desgleichen führten auch Beschädigungen des Gyrus sigmoideus neben Störungen

[1]) Tonnini, Rivista speriment. di Freniatr. 1889.

der Motilität zur Ausbildung von Seh- und Hörstörungen, welche bis zum Tode des Tieres mehr oder weniger stabil blieben. Nach der Meinung TONNINI's sind alle diese Störungen aufzufassen als Folgezustände der bestehenden Ataxie, bedingt durch eine Unterbrechung der Verbindungen des Kleinhirns und der vorhandenen Assoziationssysteme.

HITZIG führt nun die von TONNINI erhaltenen Resultate darauf zurück, daß die Läsionen in TONNINI's Versuchen einen enormen Umfang hatten und in einigen Fällen die ganze Oberfläche der Hemisphären betrafen. Auf diesem Umstande beruht es nach der Ansicht HITZIG's, daß TONNINI, wie auch LUCIANI, dem Parietallappen des Gehirns eine gemischte Funktion und sogar höhere psychische Leistungen zuschreibt.

Auch die übrigen Aufstellungen TONNINI's bezüglich der motorischen oder sensiblen Funktion der verschiedenen Rindenfelder erklären sich durch Symptome, welche durch Beschädigung von Nachbarteilen bedingt werden, sowie dadurch, daß TONNINI alle auftretenden Störungen ohne weiteres auf die Gehirnrinde bezieht.

Überhaupt können die Unterschiede der Anschauungen über die Lokalisation der einzelnen Funktionen darin wurzeln, daß eine isolierte Läsion bestimmter Windungspartien ohne besondere Vorsichtsmaßregeln nicht ausführbar ist, da infolge des Einflusses der Operation und der auftretenden Gefäßbeschädigung entlegene Operationswirkungen in Gestalt von Erweiterungen und Blutungen auftreten. Daher finden die Widersprüche und der scheinbare Mangel der Gesetzmäßigkeit der operativen Resultate in vielen Fällen ihre Erklärung an dem Sektionsbefund, wobei man sich nicht auf bloße Inspektion beschränken darf, sondern auch Schnitte durch das Gehirn anlegen soll.

HITZIG macht u. a. darauf aufmerksam, daß die GOLTZ'schen Hunde ohne Hemisphären zweifellos lernen können, da ihre Störungen mit der Zeit zurückgehen. GOLTZ selbst erklärte die bei den operierten Tieren auftretenden Erscheinungen durch eine Hemmung der Funktion der subkortikalen Ganglien. Aber abgesehen davon, daß diese Ansicht nicht ganz annehmbar erscheint, wird man zugeben müssen, daß wir es hier auch mit einer echten Übung der subkortikalen Ganglien zu tun haben.[1])

Zum Schlusse die Bemerkung, daß auch SCHIFF bis zu seinem Tode an die Existenz besonderer Rindencentren, wie es scheint, nicht geglaubt hat. Die Bewegungen, welche man von der Rinde aus erhält, betrachtete er als Reflexerscheinungen, bedingt durch eine Reizung der tieferliegenden taktilen Leitungsbahnen.

4. Haben die Centra der Gehirnrinde eine selbständige Erregbarkeit?

Wenn die ganze Frage der Rindenerregbarkeit gegenwärtig, wie es scheint, bereits aus dem Gebiet der Diskussion herausgetreten ist, erscheint es, um Zweifeln zu begegnen, nichtsdestoweniger als im höchsten Grade nützlich, alle Tatsachen, die man für und wider die Annahme einer eigenen Erregbarkeit der Gehirnrinde bei den Tieren

---

[1]) HITZIG, Alte und neue Untersuchungen über das Gehirn. Arch. f. Psych. 1902. Bd. 38, H. 2.

geltend machen kann, hier zusammenzufassen, zumal eine solche Übersicht auch gewisse methodologische Vorteile darbieten kann.

Die Gegner der Lehre von dem Bestehen besonderer motorischer Centren in der Gehirnrinde, welche die motorische Wirkung der Reizung durch Ausbreitung von Stromschleifen auf tiefere Gehirnteile erklärten, beriefen sich dabei vor allem auf den Umstand, daß motorische Wirkungen von der Rinde aus angeblich nur bei elektrischer Reizung auftreten, aber weder durch mechanische, noch durch chemische Reizung erzielbar sein sollen. Sodann wurde behauptet, daß motorische Rindenwirkungen auch in dem Fall auftreten, wenn die Rinde bereits ganz eingetrocknet war, oder wenn man sie vorher mit starker Salpetersäure bespült.[1])

Carville und Duret haben jedoch bei ihren Experimenten erkannt, daß die motorischen Erscheinungen bei der Rindenreizung von Stromschleifen auf die unterliegenden Gehirnganglien und speziell auf den Nucleus caudatus, wie einige dies annahmen, nicht abhängen können.

Sanderson wies ferner darauf hin, daß auch nach dem horizontalen Schnitt durch die subkortikale weiße Substanz die Erregbarkeit der Gehirnrinde nicht erlischt, und da die Reizung der inneren Kapsel den gleichen motorischen Effekt hat wie die Reizung, so glaubte Sanderson daraufhin annehmen zu sollen, daß der kortikale Effekt abhängt von einer Ausbreitung von Stromschleifen auf die dem Corpus striatum angehörende weiße Substanz der inneren Kapsel.[2])

Schiff wies in seinen Erläuterungen gegen die Annahme selbständiger Rindencentra u. a. auf den Umstand hin, daß man bei der Reizung der Rinde mit Hilfe des Stromes angeblich einen echten Tetanus nicht soll erzielen können. Andererseits verschwindet in tiefer Narkose gleichzeitig mit dem Erlöschen der Reflexe auch die Erregbarkeit der Großhirnhrinde, während die Reizung der darunterliegenden Centra noch einen motorischen Effekt ergibt. Ebenso verschwinden die Reflexe bekanntlich bei der Apnoë; zugleich aber erlischt dabei auch die Erregbarkeit der Großhirnrinde, während die Erregbarkeit der motorischen Nerven bestehen bleibt. Ferner ist die Latenzperiode der Reizung länger, als die Latenzperiode der Erregung peripherer motorischer Nerven. Endlich soll die Durchschneidung der Hinterstränge nach den Untersuchungen Schiff's angeblich schon nach kurzer Zeit (einige Tage) zu totaler Unerregbarkeit der Großhirnrinde führen.

Letztere Erscheinungen deutet Schiff in der Weise, daß die Durchschneidung der Hinterstränge des Rückenmarkes zu einer aufsteigenden Faserdegeneration daselbst führt, welche, unter den Hemisphären sich verbreitend, eine Vernichtung der Erregbarkeit dieser Fasern auch im Bereiche der Hemisphären nach sich zieht, und deshalb sollte die Erregbarkeit der Hirnrinde in diesen Fällen erlöschen.

Schiff gelangt auf Grund aller dieser Punkte zu der Vorstellung, daß die Bewegungen, welche man durch Reizung der Gehirnrinde er-

---

[1]) Braun, Beiträge zur Frage von der elektrischen Erregbarkeit des Großhirns. Eckhard's Beiträge zur Anat. u. Phys. 1874. — Hermann, Über elektrische Reizversuche an der Großhirnrinde. Arch. f. d. ges. Physiol. X.

[2]) B. Sanderson. Prakt. Phys. 22, 1875, S. 368.

zielt und welche seiner Meinung nach vollkommen jenen Bewegungen analog sind, die im Falle der Reizung der Hinterstränge des Rückenmarkes auftreten, in Wirklichkeit nicht selbständige Bewegungen sind, sondern auf einer Reizung der Tastleitungen in der weißen Substanz des Gehirns beruhen, welche die Hinterstränge des Rückenmarkes centralwärts fortsetzen.

Weiterhin beriefen sich die Gegner der Lehre von der selbständigen Erregbarkeit der Gehirnrinde auf die Unbeständigkeit der motorischen Wirkung, welche man bei der Reizung bestimmter Punkte der Gehirnoberfläche beobachtet (Couty, Rochefontaine).

Andere Autoren machten auf den Umstand aufmerksam, daß die nämlichen Bewegungen, welche man von der Gehirnrinde aus erhält, auch durch Reizung der darin liegenden weißen Substanz mit Strömen von gleicher Stärke erzielt werden können.[1])

Auf Grund von Versuchen, in denen es sich um Gefrierenlassen der Gehirnrinde durch Kältemischungen und Äther- und Chloroformbestäubung, sowie um Unterbindung der zum Gehirn ziehenden Blutgefäße handelte, äußerte sich Marcacci gegen die Existenz einer selbständigen Reflexerregbarkeit.[2])

Nach den Versuchen dieses Beobachters soll das Einfrierenlassen der Gehirnrinde vor dem Eintritt von Eisbildung den motorischen Effekt in keiner Weise vermindern. Ja er konnte selbst dann, wenn die Rinde sich schon in eine Eismasse verwandelt hatte, von der Rinde aus motorische Wirkungen sogar mit schwächeren Strömen als vorher erzielen (die Differenz der Stärke des angewandten Stromes ging bis auf 2 cm des Dubois'schen Schlittenapparates).

Ferner weist Marcacci darauf hin, daß wenn man die großen arteriellen Stämme unterbindet, wobei nach seiner Meinung die Zirkulation im Gehirn völlig aufhört, so könne man beim Hunde immer noch eine entsprechende motorische Wirkung erzielen.

Eine weitere Versuchsreihe, durch welche Marcacci seine Ansicht zu stützen sucht, bestand in der Untersuchung der Erregbarkeit der Gehirnrinde neugeborener Tiere.

Bekanntlich hat schon Soltmann nachgewiesen, daß eine Erregbarkeit der Gehirnrinde im Gebiete der motorischen Centra bei neugeborenen Hunden nicht vor dem zehnten Tage des Extrauterinlebens konstatierbar ist.[3])

Zu bemerken ist, daß die Welpen in Soltmann's Versuchen mittels Morphiums oder Chloroforms narkotisiert worden waren.

Das Ergebnis dieser Versuche ward später durch Tarchanov als richtig bestätigt. Er führte diese Versuche an Kaninchen und Meerschweinchen weiter mit dem Resultat, daß die ersten Anzeichen einer Erregbarkeit der Gehirnrinde bei neugeborenen Kaninchen am 14.—16. Tage nach der Geburt auftreten, während Meerschweinchen mit fertigen Rindencentren, die schon im Augenblick der Geburt erregbar gefunden werden, zur Welt kommen. Tarchanov brachte diesen Unterschied in

[1]) Braun, Centralbl. f. d. Medic. Wiss. 1874. Nr. 29.

[2]) Marcacci, Arch. italiennes de Biologie. 1882. Bd. 1. — S. auch Comptes Rendus de R. Academia di Torino 1882.

[3]) Soltmann, Exper. Studien über die Funktionen des Großhirns d. Neugeborenen. Jahrb. f. Kinderheilk. u. physische Erziehung. 1876. Bd. 9.

der Ausbildung der Rindencentra neugeborener Tiere damit in Zusammenhang, daß die einen Tiere blind, die anderen sehend geboren werden.[1])

Marcacci dagegen beobachtete Gliedmaßenbewegungen bei neugeborenen Welpen sogleich nach der Geburt. Er schließt daraus gegen die Annahme irgendwelcher Bewegungscentren in der Rinde des Tiergehirns.

In tatsächlichen Beziehungen ist an den Untersuchungen ein besonderer Umstand zu betonen: wenn man, wie dies in seinen Versuchen geschah, alle zum Kopf ziehenden großen arteriellen Stämme unterbindet, wodurch angeblich ein gänzliches Aufhören der Zirkulation im Gehirn zu Stande komme, so kann bei den operierten Hunden noch die gleiche motorische Wirkung, wie sie vor dem Eingriff vorhanden war, erzielt werden.

Ich kann hier schließlich nicht umhin, einer älteren Arbeit von Dupuy zu gedenken, welcher auf Grund von Versuchen mit einem physiologischen Rheostaten, bestehend aus dem Gastrocnemius des Frosches mit dem Ischiadicus, an der Meinung festhielt, daß die von der Rinde aus erzielten motorischen Wirkungen nicht eigentlich der Rinde, sondern den darunterliegenden Gehirnteilen zuzuschreiben wären.[2]) Wenn er den Rheostaten an den Hinterhauptlappen applizierte, während dieser gereizt wurde, beobachtete er konstant Muskelkontraktionen. Er schloß daraus auf eine freie Ausbreitung des Stromes durch die Gehirnsubstanz, weshalb er es für unmöglich erachtete, die motorischen Erscheinungen, welche nach der Reizung der Gehirnrinde auftreten, auf die Rinde zu beziehen.

Kritik dieser Angaben. — Im vorstehenden sind die wesentlichsten Bedenken, welche man gegen die Annahme besonderer motorischer Centren in der Gehirnrinde geltend gemacht hat, zusammengestellt werden. Es können aber zu all diesen Bedenken gegenwärtig vollkommen befriedigende Erklärungen beigebracht oder Tatsachen entgegengesetzten Charakters aufgeführt werden, aus welchen sich ergibt, daß die Gehirnrinde unzweifelhaft über eine eigene Erregbarkeit verfügt.

Mit Beziehung auf die Erklärung des motorischen Effektes durch Ausbreitung von Stromschleifen bemerkt vor allem Ferrier mit Recht[3]), daß Dupuy's Beobachtungen zwar eine extrapolare Leitungsfähigkeit der Gehirnsubstanz bezeugen, es aber nichts destoweniger nicht bewiesen ist, daß die Bewegungen von der Rinde gerade auf dieser extrapolaren Leitung beruhen. Es wäre sonst unverständlich, warum nicht die Reizung der Stirn- und Hinterhauptlappen und sogar der dicht über dem Corpus striatum gelegenen Insula Reilii einen gleichen Effekt liefern sollte. Daß auf diese Weise eine streng lokalisierte motorische Rindenwirkung nicht erkennbar ist, versteht sich von selbst.

Was ferner die Möglichkeit einer Ausbreitung von Stromschleifen auf tieferliegende Centren bei der Rindenreizung betrifft, so haben Carville und Duret in einer eingehenden Untersuchung erkannt, daß

[1]) Tarchanov, Über die psychomotorischen Centra und ihre Ausbildung beim Menschen und den Tieren. St. Petersburg 1879.
[2]) Dupuy, Examen de quelques points de la physiol. du cerveau. Paris. 1873.
[3]) Ferrier, Die Funktion des Gehirns. Deutsche Ausgabe.

der an die Gehirnrinde applizierte Strom in der Tat sich sowohl oberflächlich als auch tiefenwärts am Gehirn ausbreiten kann; sie halten es aber nicht für möglich, den kortikalen Bewegungseffekt im Sinne der Theorie einer Stromverbreitung auf tieferliegende Teile zu erklären.[1]) Denn im Falle minimaler Reizung bedarf es zur Anregung einer motorischen Wirkung nur einer so schwachen Stromspannung an der Oberfläche, daß diese als Erklärungsmoment im Sinne einer Einwirkung auf tiefere Teile nicht in Betracht kommen kann. Zur Erhärtung dieses Satzes berufen sich CARVILLE und DURET unter anderem auf einen Versuch an einem Hunde, bei welchem man zufällig eine cystenähnliche Höhle in dem Raume zwischen Rinde und Corpus striatum vorfand. Diese Cyste sollte naturgemäß einer Stromausbreitung auf die tieferen Gehirnteile nicht hinderlich sein, und doch zeigte es sich in diesem Falle, daß selbst stärkere Ströme nicht im Stande waren, Bewegungen der kontralateralen Gliedmaßen hervorzurufen.

Dieser Versuch widerlegt unter anderem auch die Behauptung SANDERSON's, dahingehend, daß die Unterminierung der Gehirnrinde in dem Falle, als das unterminierte Stück derselben in situ bleibt, angeblich in keiner Weise den durch Reizung des Stückes erzielten motorischen Effekt verändern soll.

Diese Behauptung ist indessen seiner Zeit schon durch PUTNAM[2]), EXNER[3]) u. a. als unzutreffend erwiesen worden.

PUTNAM bestimmte vorher die Stromstärke, welche zur Erzielung von Muskelkontraktionen von der Gehirnrinde aus notwendig war; dann trug er die Rinde ab und legte das gelöste Stück der Rinde wieder an seinen früheren Platz zurück. Dabei waren die früheren Bewegungen nicht mehr zu beobachten, obwohl das physikalische Leitungsvermögen des Hirngewebes keine Störungen erlitten hatte.

Unter gleichen Bedingungen und mit gleichem Resultate experimentierten BRAUN, FR. FRANCK, VARIGNY und späterhin auch EXNER.

Ich selbst habe in meinen Versuchen wiederholt die Gehirnrinde am Orte der motorischen Centra unterminiert und konnte mich dabei überzeugen, daß sogar die Reizung mit starken Strömen unter diesen Verhältnissen wirkungslos blieb. Was SANDERSON's Behauptung betrifft, daß man durch Reizung der inneren Kapsel die gleiche Wirkung erzielen kann, wie durch die Reizung der Gehirnrinde, so ist dies vollkommen richtig, aber die motorische Wirkung, welche man bei der Reizung der inneren Kapsel erzielt, beruht auf einer Reizung der Pyramidenbahnfasern, die aus den motorischen Centren hervorgehen, und ist, wie SANDERSON dies annimmt, auf das Fasersystem des Corpus striatum zu beziehen.

Es läßt sich in vollkommen exakter Weise dartun, daß die lokalisierten Bewegungen, welche man bei der Reizung der Region der Kapsel erhält, auf einer Reizung der Fasern der Pyramidenbahn und nicht der Faserstämme des Corpus striatum beruhen. Man braucht

---

[1]) CARVILLE et DURET, Sur les fonctions des hémisphères cérébraux. Paris. 1875.

[2]) PUTNAM, Contrib. to the physiology of cortex cerebri. The Boston med. and surgical Journ. 1874.

[3]) EXNER, Sitzb. der math.-physikal. Classe d. Wiener Academie. 1881. Bd. 84, S. 2.

dazu nur vorher die motorische Zone der Gehirnrinde abzutragen und abzuwarten, bis die Fasern der Pyramidenbahn, in Degeneration übergehend, unerregbar geworden sind, was gewöhnlich schon nach Verlauf einer Woche der Fall ist. Wenn man darauf die weiße Substanz unter der abgetragenen motorischen Zone bloßlegt oder das Gebiet der inneren Kapsel aufdeckt, dann erkennt man, daß selbst Ströme von bedeutender Stärke keine lokalisierten Bewegungen der kontralateralen Gliedmaßen hervorrufen.

Dies hätte offenbar nicht der Fall sein können, wenn die bei der Reizung der inneren Kapsel auftretenden kontralateralen Gliedmaßenbewegungen nicht von einer Reizung der Fasern der Pyramidenbahn, sondern irgend eines anderen Fasernsystems herrühren.

Überhaupt ist der Umstand, daß die Reizung der subkortikalen Substanz im allgemeinen die gleichen Erscheinungen, wie die Reizung ergibt, gewiß kein Grund, deshalb allein das Vorhandensein kortikaler Centra in Abrede zu stellen. Ferrier hat mit Recht bemerkt, daß man, auf diesem Wege weitergehend, schließlich auch zu einer Verneinung der selbständigen Erregbarkeit der subkortikalen Ganglien, der Centra des Rückenmarkes und selbst der motorischen peripheren Nerven gelangen muß.

Durchaus falsch ist aber auch die Behauptung, die Eintrocknung der Gehirnrinde bleibe ohne einen wesentlichen Einfluß auf den motorischen Effekt, welchen man bei der Reizung der Gehirnrinde erzielt. Wer sich speziell mit Fragen der Erregbarkeit der Gehirnrinde beschäftigt hat, weiß aus eigener Erfahrung, wie wichtig es in derartigen Experimenten ist, die Rinde mit warmem Wasser oder noch besser mit physiologischer Kochsalzlösung warm zu erhalten.

Unter allen Umständen muß ich auf Grund meiner eigenen Versuche sagen, daß die Austrocknung der Gehirnrinde stets in mehr oder weniger auffallender Weise ihre Erregbarkeit beeinträchtigt.

Und selbst wenn die totale Eintrocknung die Erregbarkeit der Gehirnrinde nicht vollkommen vernichtet, so ist dies durchaus noch kein Beweis gegen eine selbständige Erregbarkeit der Rinde. Denn so vollständig die Eintrocknung auch sein mag, so kann sie nicht allzu weit in die Tiefe der Gehirnoberfläche hineinreichen, und daher geht der Strom leicht durch die ausgetrocknete Oberfläche hindurch bis an die Fasern der Pyramidenbahn, durch deren Erregung es nun zu einem motorischen Effekt kommt.

Was die Angabe Marcacci's betrifft, wonach die Einwirkung von Kältemischungen nicht die Erregbarkeit der Gehirnrinde herabsetzen soll, sondern dieselbe sogar bis zu einem gewissen Grade noch erhöhe, so haben die exakten Untersuchungen von Fr. Franck in dieser Beziehung ergeben, daß im Falle der Abkühlung der Gehirnoberfläche mit Äther nicht nur die Fähigkeit der Rindenoberfläche, bei ihrer Reizung epileptische Anfälle zu liefern, verloren geht, sondern daß auch Kontraktionen der kontralateralen Muskeln in diesem Fall nur bei Anwendung stärkerer Ströme hervorrufbar sind, als vor der Abkühlung der Gehirnoberfläche.

Andererseits beobachtete Gerber eine Herabsetzung und sogar ein Erlöschen der Erregbarkeit bei der Einwirkung von Eiswasser auf die

Rindenoberfläche und eine Wiederherstellung der Erregbarkeit bei der Einwirkung von Wasser, das auf 45° erwärmt wurde.

Im allgemeinen gleiche Resultate erzielte auch Varigny. Er bemerkte in zwei Fällen ein totales Verschwinden der motorischen Erregbarkeit der Gehirnrinde selbst dann, wenn die Abkühlung nicht bis zur Stufe des Gefrierens gebracht wurde.[1])

Meinerseits kann ich die Angaben der Herabsetzung der Rindenerregbarkeit bei der Abkühlung der Gehirnoberfläche nicht bestätigen.

Wenn Marcacci in seinen Versuchen manchmal eine Zunahme der Rindenerregbarkeit unter dem Einflusse von Kältemischungen auf die Gehirnoberfläche beobachtete, so kann dies nur mit dem Einfluß der Substanzen, welche zur Herstellung des betreffenden Kältegemisches benutzt wurden, auf die Gehirnoberfläche im Zusammenhange stehen.

Ich habe in meinen eigenen hierbezüglichen Versuchen gefunden, daß Chlornatrium erheblich die Erregbarkeit der Gehirnrinde steigert. Durch Bestreuen des motorischen Rindenfeldes mit diesem Salz ruft man bei dem Versuchstiere leicht krampfhafte Zuckungen der Gliedmaßen und selbst epileptische Anfälle hervor, eine Erscheinung, welche auch Landois und Eulenburg beobachtet haben.[2]) Es ist daher nicht zu verwundern, daß auch unter dem Einfluß von Kältemischungen, welche Kochsalz enthalten, die Erregbarkeit der Gehirnrinde ein wenig ansteigt. Marcacci selbst führt diese Erregbarkeitssteigerung auf ein erhöhtes Leitungsvermögen der Rindenschicht unter dem Einflusse des Chlornatriums des Kältegemisches zurück; aber diese Erklärung ist im Hinblick auf die erregbarkeitssteigernde Wirkung des Kochsalzes gegenüber der Gehirnrinde wohl nicht begründet.

Keine besondere Bedeutung hat auch die Behauptung Marcacci's, daß das Aufhören der Gehirnzirkulation angeblich nicht die Erregbarkeit der Gehirnrinde aufheben soll. Aus den Versuchen von Vulpian wissen wir, daß man beim Hunde nach der Einführung von Lycopodiumpulver in die Carotiden in den ersten 7—8 Minuten durch Rindenreizung fast die gleichen Bewegungen der kontralateralen Gliedmaßen erzielt, wie vor der Einführung des Lycopodiums, daß aber alsbald (nach weiteren 4—5 Minuten) diese Bewegungen definitiv erlöschen und dann nicht einmal durch starke Ströme hervorrufbar sind.[3])

Es ist ja nicht anzunehmen, daß bei der Unterbindung der großen arteriellen Halsgefäße sofort auch die Gehirnzirkulation still steht, und es erscheint daher natürlich, daß man wenigstens in der ersten Zeit nach diesem Eingriffe noch bei der Reizung der Gehirnrinde einen motorischen Effekt auftreten sieht. Aber unter anderen Versuchsbedingungen, wenn es wirklich sicher ist, daß die Zirkulation im Gehirn aufgehört hat, kann man auf ein anderes Ergebnis rechnen.

So z. B. hat sich bei hierbezüglichen Untersuchungen meines Laboratoriums (Dr. Žukov) herausgestellt, daß die Erregbarkeit der Hirnrinde nach vollzogener plötzlicher Durchschneidung des Bulbus aortae sofort bis zu einem Grade herabsinkt, daß selbst Ströme von

---

[1]) Varigny, Rech. expér. de l'excitabilité électrique des circonv. cérébrales. Paris. 1884.

[2]) Landois u. Eulenburg, Über die thermischen Wirkungen etc. Virchows Archiv. 1876. Bd. 68.

[3]) Vulpian, Journ. „L'école de médecine". 1875.

äußerst starker Spannung bei ihrer Applikation an die motorische Zone der Gehirnrinde ohne jede Wirkung bleiben. Dieser Befund beraubt somit Marcacci's Versuche über die Unterbindung der großen Arterienstämme jeder Beweiskraft; er bezeugt sogar das genaue Gegenteil von dem, was Marcacci mit seinen Experimenten nachzuweisen versucht hat.

Was die von einigen Autoren betonte Inkonstanz des motorischen Effektes von der Gehirnrinde betrifft, so muß man sagen, daß diese Tatsache an und für sich keinem Zweifel unterliegt. Doch spricht sie viel eher dafür, daß wir es bei der Reizung der Gehirnrinde mit einer selbständigen Erregbarkeit der Rindensubstanz zu tun haben. Wenn nämlich die Aufgabe der Gehirnrinde nur in ihrer Leitungsfunktion allein bestände, dann wäre es ganz unverständlich, wie ihre Erregbarkeit sich so schnell verändern sollte; dagegen ist es ohne weiteres verständlich, daß die Erregbarkeit der Gehirnrinde sich infolge der allerverschiedensten Ursachen verändern kann, wie dies auch tatsächlich der Fall ist.

Auch Braun's Behauptung, wonach man durch Reizung mit Strömen von gleicher Stärke einen identischen motorischen Effekt auch von der subkortikalen weißen Substanz aus soll erhalten können, so entspricht dies ebenfalls nicht ganz dem tatsächlichen Sachverhalt, da exakte Untersuchungen, welche Fr. Franck nach dieser Richtung hin angestellt hat[1]), mit Sicherheit dargetan haben, daß Ströme, welche zur Erregung der Gehirnrinde vollkommen hinreichen, zu schwach sind, um von dem subkortikalen weißen Mark aus eine motorische Wirkung hervorzurufen. Dieser Befund stimmt zwar nicht mit den Angaben anderer Beobachter (Negro[2]), Richet[3])) überein, aber Richet narkotisierte seine Versuchstiere bekanntlich mit Chloral, einem Mittel, von welchem sich später herausstellte, daß es an und für sich, gleich vielen anderen narkotischen Substanzen, die Erregbarkeit des Cortex herabsetzt. Richet gab später selbst die Erklärung ab, daß die Erregbarkeit der grauen Substanz in der auf die eine oder andere Weise hervorgerufenen tiefen Anaesthesie geringer ist, als die Erregbarkeit der weißen Substanz, während bei schwacher Anaesthesie ein umgekehrtes Verhältnis zu bemerken ist.

Nun deutet dieses Herabgehen der Erregbarkeit der Gehirnrinde unter dem Einflusse der Narkose bei Erhaltung der Erregbarkeit der weißen Substanz unzweifelhaft auf das Bestehen einer selbständigen Erregbarkeit der Gehirnrinde, denn von einer Veränderung des Leitungsvermögens der Rindensubstanz unter dem Einflusse der Narkose kann nicht die Rede sein.

Ebenso sicher ergibt sich die Existenz einer selbständigen Erregbarkeit der Gehirnrinde auch aus der von Fr. Franck nachgewiesenen Tatsache, daß die Latenzperiode für die Gehirnrinde und für das subkortikale Mark verschieden groß ist.[4]) Eine Vergleichung der Länge der Latenzperide der Rindenerregung mit der Länge der Latenzperiode für die subkortikale weiße Substanz hat gezeigt, daß sie im ersten Fall

---

[1]) François Franck, Léçons sur les fonctions motrices du cerveau.
[2]) Richet, Thèse d'agrégation sur les circonvolutions cérébrales. 1878.
[3]) Richet, Physiologie des muscles et des nerfs.
[4]) François Franck et Pitres, Travaux du laboratoire de M. Maray, T. IX. 1880.

um annähernd 0,015 mm länger ist, als im zweiten Fall; dies bedeutet, daß die Latenzperiode der Rinde im allgemeinen nahezu um $^1/_3$ größer ist.

Fr. Franck hat ferner erkannt, daß bei gleichbleibender Stromstärke der motorische Effekt der Rindenreizung stets lebhafter ausfällt, als bei der Reizung des subkortikalen Markes, ein Befund, welcher auch durch Untersuchungen meines Laboratoriums (Dr. Bélicki) als zutreffend bestätigt werden konnte.

Diese Untersuchungsergebnisse stimmen auch vollkommen überein mit den experimentellen Nachweisen von Bubnoff und Heidenhain, aus denen hervorgeht, daß die Erscheinungen der Rindenerregung bei der Reizung des Cortex im allgemeinen langsamer sich entwickeln und verlaufen, als im darunterliegenden weißen Mark, weshalb nicht nur die Latenzperiode der Reizung, sondern auch die Gesamtlänge der Kurve zunimmt.

Ein ganz analoges Resultat lieferten auch die einschlägigen Untersuchungen von de Varigny und Čerevkov.

Die Experimente von Fr. Franck und Pitres haben unter anderem dargetan, daß die Erregung der Rindencentra im Falle starker Reizung vollkommen verschwindet.

Levy bestätigt auf Grund seiner Untersuchungen die Angaben von Fr. Franck und Pitres als zutreffend in dem Sinne, daß die motorischen Rindencentren bei übermäßiger Reizung unerregbar werden. [1])

Zu allen diesen Angaben muß ich meinerseits hinzufügen, daß man bei den verschiedenen Einflüssen, welche die Erregbarkeit der Gehirnrinde herabsetzen, mehr oder weniger erhebliche Veränderungen der Latenzperiode der Rindenerregung beobachtet, während die Latenzperiode der subkortikalen Hirnsubstanz dabei nur in sehr geringem Maße zunimmt.

Zugunsten dieses Satzes sprechen auch die Befunde über Stromverästelung bei der Rindenreizung. In dieser Beziehung zeugen die Untersuchungen von d'Arsonval, welcher die Stromverästelung in den Hemisphären auf Grund der telephonischen Erscheinungen entdeckte, sowie die Ermittelungen von Čerevkov, welcher zu diesem Zwecke, gleich Dupuy, das physiologische Rheoskop bezw. das Nerven-Muskelpräparat anwandte, entschieden für eine lokalisierte Wirkung der mittelstarken Ströme.

Čerevkov ist auf Grund seiner mit einem derartigen physiologischen Rheoskopen ausgeführten Untersuchungen zu dem Schlusse gelangt, daß es bei der Reizung der Rindenoberfläche mit „mittleren“ Strömen (mit Strömen also, welche bei einem Elektrodenabstand von 2—3 mm auf der Außenfläche der Lippe eine deutliche Empfindung hervorrufen) zu einer Stromverästelung von nicht mehr als 2—3 mm Umfang kommt; im Falle eines größeren Abstandes zwischen den Elektroden nimmt die Stromverästelung ein wenig zu, aber nur bis zu einer gewissen Grenze, welche für die graue Substanz 5 mm, für die weiße Substanz 8 mm beträgt.

Ebenso fanden Carville und Duret, welche sich zur Verfolgung der Stromzweige des Galvanometers bedienten, eine sehr geringe Aus-

---

[1]) A. G. Levy, An attempt to estimate fatique of the cerebral cortex etc. Journ. of Physiol. 1901. Bd. 26.

breitung des induktiven Stromes an der Gehirnoberfläche; nur selten war ein nicht sehr tiefes Eindringen von Stromschleifen in die weiße Substanz zu beobachten.

Schließlich kann ich hier nicht umhin, einer Erscheinung zu gedenken, welche für die hier behandelten Fragen nicht ohne Bedeutung ist und auf welche Beaunis aufmerksam gemacht hat.[1]) Nach Beaunis' Bemerkung besteht die Tatsache, welche für das Bestehen motorischer Lokalisationen zeugt und welche allen jenen, die sich mit Experimenten auf diesen Gebiete beschäftigen, auffällt, die folgenden: Wenn man tastend das Centrum eines gut lokalisierten Bewegungsphänomens gefunden hat, dann braucht man die Elektroden nur um einen oder zwei Millimeter zu verschieben, damit die Wirkung des Reizes ausbleibt, während man bei einem so geringen Abstand eine Stromdiffusion hätte erwarten sollen.

Die vorstehend dargelegten Befunde legen offenbar ein unanfecht bares Zeugnis dafür ab, daß das Gehirn bezüglich seiner motorischen Erregbarkeit nicht nur als Leitungsorgan Dienste tut, sondern auch als Organ, welches spezifische Bewegungscentra enthält. Diese Centra bedürfen einer gewissen Zeit, ehe sich in ihnen bei der Einwirkung bestimmter Reize der Zustand der Erregung ausbildet.

5. Die chemische und mechanische Erregbarkeit der Rindencentra.

Ich erwähnte vorhin bereits, daß einige Gegner der Lehre von dem Bestehen besonderer Centra in der Gehirnrinde sich unter anderem darauf berufen, daß die Rinde angeblich nur durch den elektrischen Strom erregbar sein soll, während chemische und mechanische Agentien angeblich ohne Einfluß auf das Gewebe bleiben. Es finden sich gegenwärtig aber eine ganze Reihe Tatsachen, welche das Bestehen einer chemischen sowohl, wie auch einer mechanischen Erregbarkeit der Rindensubstanz über jeden Zweifel erheben.

a) Die Erscheinungen bei chemischer Reizung der Gehirnrinde.

Von Bedeutung in dieser Beziehung ist vor allem eine Beobachtung v. Nothnagel.[2]) Er bemerkte Zwangsbewegungen bezw. Zwangsspringen mit nachfolgender Rigidität der Muskeln sogleich, nachdem er durch einen Einstich in die obere Fläche des Hinterhauptlappens des Gehirns injiziert hatte.

Es gibt gegenwärtig aber noch andere unwiderlegliche Befunde, welche die chemische und mechanische Erregbarkeit der eigentlichen motorischen Rindencentra dartun.

Erwähnt wurden vorhin Landois' und Eulenburg's, sowie meine Beobachtungen über die Wirkung des Chlornatriums auf die Gehirnrinde. Schon das bloße Bestäuben der Gehirnoberfläche mit dem Salze erhöht ihre Erregbarkeit und bewirkt gleichzeitig krampfartige chorea-ähnliche Zuckungen einzelner Gliedmaßen der entgegengesetzten Seite, zuweilen auch epileptische Anfälle. Auch ist es bekannt, daß die

[1]) Beaunis, Nouveaux principes de la physiologie humaine S. 821.

[2]) Nothnagel, Experim. Untersuchungen über das Gehirn. Virchows Archiv Bd. 58.

Irritation der motorischen Zone der Gehirnrinde mit Jodtinktur Krämpfe hervorruft.

Weitere Untersuchungen von LANDOIS haben dargetan, daß die vorhandenen Bestandteile des Harns, namentlich das Kreatin, sowie das Kreatinin, dann Uratniederschläge und phosphorsaures Kalium erregend auf die Gehirnrinde einwirken, wenn diese Stoffe in der Äthernarkose auf die bloßgelegte Gehirnrinde zur Wirkung kommen. Der Harn selbst, sowie kohlensaures Ammonium, kohlensaures Natrium usw. haben keinen solchen Einfluß auf die Gehirnrinde. Zuerst traten schnell hintereinander Kontraktionen der Kau- und Gesichtsmuskeln auf, dann folgten Streckbewegungen und eine Reihe klonischer Kontraktionen des kontralateralen Vorderbeines und in geringerem Grade auch in dem kontralateralen Hinterbein. Der Kopf war dabei stark nach der entgegengesetzten Seite abgewandt, auch der Rumpf war abgelenkt; auch die gleichseitige Körperhälfte wurde, wenn auch weniger lebhaft, schließlich von den Krämpfen befallen. An den stärkeren Krampfanfällen nahm auch die Respirationsmuskulatur Anteil. Nach dem Aussetzen der Krämpfe machte das Tier einen schläfrigen Eindruck, es bestanden Zwangsbewegungen, Störungen des Muskelgefühls usw. Wenn man Kreatin auf beide Hemisphären einwirken ließ, dann wurden die Versuchstiere apathisch und selbst komatös unter Ausbildung bilateraler Krämpfe und bilateraler Störungen des Muskelgefühls und des Sehvermögens.

In der Periode der Erregung beobachtete man bei den Versuchstieren eine allgemeine Muskelerregung und choreaähnliche Bewegungen.

Versuche mit Kreatin bei Macacus ergaben folgendes Resultat: 40 Minuten nach der Bestäubung der linken motorischen Zone mit Kreatin beobachtete man Tremor am rechten Ohr und an der rechten oberen Extremität; nach dem Aufhören des Tremors konnte der Affe die Extremitäten seiner rechten Seite nicht mehr regieren. Zugleich bestanden Anfälle klonischer Krämpfe der rechten Körperhälfte, welche von Ruhepausen abgelöst wurden und in Lidschluß, Kontraktion der rechten Ohrmuskeln, der Muskeln des rechten Vorderbeines, der Hinterhauptgegend und der Schulter bestanden.

Zwei Stunden nach dem ersten Eingriff wurde rechterseits mit der motorischen Zone ebenso vorgegangen. Schon wenige Minuten nach dieser neuen Kreatinbehandlung traten zweiseitige Krämpfe auf, welche stärker an der linken oberen Extremität ausgesprochen waren; nach einer weiteren Viertelstunde verfiel der Affe in tonisch-klonische, urämieähnliche Krämpfe, welche von Ruhepausen unterbrochen waren. Während der Anfälle schien der Affe das Bewußtsein nicht zu verlieren. Nach vielen Stunden wurden die Krämpfe allmählich schwächer. Nach ihrem Aufhören machte der Affe einen stumpfsinnigen Eindruck, seine Gliedmaßenbewegungen erschienen unsicher, sein Rumpf schwankte hin und her und das Tier konnte nicht klettern. Diese Erscheinungen dauerten noch in den nächsten Tagen nach der Operation fort und erst am fünften Tage erlangte der Affe wieder die Fähigkeit zu klettern, wenn auch in der linken oberen Extremität noch eine gewisse Ungeschicktheit zu bemerken war.[1])

---

[1]) LANDOIS, Deutsche med. Woch. 1887, Nr. 31, 1890, Nr. 29.

Leubuscher und Ziehen fanden bei der Bestäubung der Pia mater des Kaninchens mit phosphorsaurem Kali, Kreatin, harnsaurem Natron, Chlorkalium, Chlornatrium nicht die von Landois angegebenen Erscheinungen; nur das Chlorkalium und das harnsaure Natrium hatte eine mehr oder weniger deutliche Wirkung; saures phosphorsaures Kalium und Kreatin hatte im allgemeinen eine verschwindende Wirkung. — Hunde reagierten noch schwächer als Kaninchen; sie bekamen chorea-ähnliche Anfälle, unterbrochen von mehr oder weniger anhaltenden Ruhepausen. Nach einigen Stunden verschwinden die Anfälle. Zuweilen treten klonische Krämpfe auch auf der gereizten Seite auf. Daneben wurde die Atmung krampfartig, die Reflexerregbarkeit war erhöht, dann bemerkte man Bewußseinsverlust und Schnucken bei erhöhter Körpertemperatur. Kreatinin und saures phosphorsaures Kali haben in dieser Beziehung die gleiche Wirkung. Schwächer wirken Harnsäure, kohlensaures Ammonium, Kochsalz, Chlorkalium, kohlensaures Natrium und Leucin.[1])

Aus diesen und den früher angeführten Versuchen folgt, daß die kortikalen Bewegungscentren in ungleicher Weise gegen Reizagentien empfindlich sind; bei leichter Reizung findet man Kontraktionen der Gesichts- und Kaumuskulatur; stärkere Reizung führt zu Krämpfen in den Muskeln des Hinterhauptes, des Rumpfes und schließlich auch der hinteren Extremitäten; ganz starke Reizzustände äußern sich in Gestalt epileptiformer Krämpfe mit Bewußtseinsschwund (Landois).[2])

Eine unbezweifelbare Bedeutung für die Rindencentra hat ferner das zuerst von Heidenhain aufgefundene Gesetz der Reizsummierung. Denn die chemischen Substanzen üben eine schnelle und konstante Wirkung auf die Gehirnrinde aus, aber es muß immer erst ein gewisser Zeitraum vergehen, ehe die Krämpfe einsetzen; dann folgt eine Pause, bis der allmählich anwachsende Reiz wieder neue Krämpfe hervorbringen kann.

b) Die Erscheinungen bei mechanischer Reizung der Gehirnrinde.

Was die mechanische Erregbarkeit der Gehirnrinde betrifft, so liegen hierüber schon von Orschanski ganz bestimmte Angaben vor.[3])

Späterhin hat Luciani durch Reizung der Gehirnoberfläche mit stumpfen Instrumenten in der Gegend des Sulcus cruciatus des Hundes vollkommen deutliche motorische Wirkungen an den Gliedmaßen der entgegengesetzten Seite erzielt. Luciani bemerkt dabei, daß nur die konvexen Teile der Windungen einen motorischen Effekt liefern, eine Erscheinung, welche mit den Befunden bei der elektrischen Reizung der motorischen Zone vollkommen übereinstimmt.[4])

Ebenso führte in Gerber's Versuchen schon ein ganz leichter Druck auf die Rinde zu einer Herabsetzung der Erregbarkeit.

Auch in meinen eigenen Versuchen habe ich mich wiederholt von

---

[1]) Leubuscher und Ziehen, Über die Landois'schen Versuche der chemischen Reizung der Großhirnrinde. Centr. f. klin. Med. 1888, Nr. 1.

[2]) Landois, Deutsche med. Woch. 1889, Nr. 6.

[3]) Orschanski, Über die psychomotorischen Centra. 1876.

[4]) Luciani, Sull'eccitamento mecanico dei centri motori corticali. Milano 1884.

diesem Bestehen einer mechanischen Erregbarkeit der motorischen Zone der Gehirnrinde überzeugen können. Es ist jedoch zu bemerken, daß die mechanische Reizung weitaus nicht so konstant Bewegungsaffekte von den Rindencentren aus hervorbringt, als chemische Agentien und namentlich als der elektrische Strom. Darauf beruht es wahrscheinlich, daß viele Beobachter bis in die neueste Zeit hinein an die Möglichkeit des Vorhandenseins einer motorischen Erregbarkeit der Rindencentra Zweifel hegten. Bei erhöhter Erregbarkeit der Gehirnrinde üben indes mechanische Reizmittel bereits eine konstantere Wirkung auf die Gehirnrinde aus, ein Punkt, auf welchen Fr. Franck die Aufmerksamkeit hinlenkte, in der Meinung, erhöhte Erregbarkeit der Gehirnrinde sei eine notwendige Vorbedingung des Auftretens von Gliedmaßenbewegungen bei der mechanischen Reizung der Rinde.

Ganz besonders leicht sind motorische Wirkungen nach meinen Beobachtungen bei mechanischer Reizung der entzündeten Gehirnrinde (nach chemischen Reizen und traumatischen Einflüssen) zu erzielen. In diesen Fällen genügt oft schon die bloße Berührung der Wunde mit einem Schwamm, um sofort Krämpfe in den Gliedmaßen der entgegengesetzten Körperhälfte hervorzurufen.

c) Die Begründung der Lehre von der selbständigen Erregbarkeit der Gehirnrinde.

Eine besondere Würdigung verdienen die Bedenken, welche Schiff gegen die Annahme einer selbständigen Erregbarkeit der Gehirnrinde geäußert hat.

Hierher gehört zunächst seine Behauptung, daß man durch Reizung der Rinde keinen Tetanus hervorrufen kann.

Dies ist nun aber eine Behauptung, welche ganz und gar nicht der Wirklichkeit entspricht. Denn gegenwärtig zweifelt nämlich niemand mehr daran, daß man durch starke Rindenreizung Erscheinungen von Tetanus hervorzurufen vermag.

Ob diese Tetanuserscheinungen auf einer Reizung der Rinde selbst beruhen, oder durch Reizung der subkortikalen Gehirnpartien bedingt werden, ist eine andere Frage. Diese Frage ist hier am Platze, da eine schwache Reizung der Gehirnrinde gewöhnlich klonische Kontraktionen bewirkt und erst stärkere Reize zu Erscheinungen von Tetanus führen, welcher von den subkortikalen Gehirnteilen und von der weißen Substanz aus schon bei der Anwendung schwacher Ströme mit so großer Leichtigkeit hervorrufbar ist.

Einige Autoren, wie Ziehen, neigen zu der Ansicht, daß der Tetanus, welchen man z. B. im epileptischen Anfall infolge von Reizung beobachtet, auf einer Reizung subkortikaler Teile und namentlich der Varolsbrücke beruhe, und daß nur der klonische Teil des epileptischen Anfalles durch die Reizung der Gehirnrinde bedingt werde. Es fällt aber auf, daß hinreichende Belege zur Begründung dieser Behauptung nicht vorgebracht werden. Ich meinerseits bin der Ansicht, daß zwar kein Grund vorliegt, eine Mitwirkung der subkortikalen Gehirnregionen an dem Zustandekommen der tonischen Periode des epileptischen Anfalles in Abrede zu stellen, daß es aber ebensowenig berechtigt erscheint, der

Gehirnrinde jede Beteiligung an der Ausbildung der tonischen Krämpfe im epileptischen Anfalle abzusprechen.

Zweifellos ist übrigens, daß als charakteristisches Symptom vorhandener Rindenreizung der feinklonische Krampf zu betrachten ist, welcher schon bei mäßiger elektrischer Reizung der motorischen Rindencentra auftritt. In dieser Tatsache verbirgt sich ein wichtiges Zeugnis für die Existenz der selbständigen Erregbarkeit der Gehirnrinde. Denn die Reizung der subkortikalen weißen Substanz liefert stets nur tonische Kontraktionen der Muskeln und liefert nie klonischen Kontraktionskrampf der Gliedmaßen. Hieraus wird ersichtlich, daß schon dieser Umstand allein jede Möglichkeit aufhebt, den motorischen Effekt, welchen man bei der Reizung der Gehirnrinde erzielt, im Sinne von Schiff auf eine Reizung der subkortikalen weißen Substanz des Großhirns zurückzuführen.

Was Schiff's Bemerkung anlangt, daß in tiefer Narkose mit dem Schwund der Reflexe auch die Erregbarkeit der Gehirnrinde erlöschen soll, während die Reizung der tieferliegenden Centren noch motorische Wirkungen nach sich ziehe, so ist diese Angabe im allgemeinen richtig und in der Folge auch mehrfach als zutreffend bestätigt worden.

Ich selbst habe bei meinen diesen Gegenstand betreffenden Untersuchungen an Hunden oft eingesehen, daß die Erregbarkeit der Gehirnrinde bei diesen Tieren früher erlischt, als die Erregbarkeit der subkortikal gelegenen Fasern der Pyramidenbahn. Wenn sodann bei dem Versuchstier auch die Fasern der Pyramidenbahn unerregbar geworden sind, kann eine motorische Wirkung noch durch Reizung der Region des Zwischen- und Mittelhirns erzielt werden, und sind auch diese Teile unerregbar geworden, dann konnte man in meinen Fällen noch das Verlängerte Mark erregbar finden. Am allerlängsten erhielt sich jedoch die Erregbarkeit der vorderen Rückenmarkswurzeln und der peripheren Nerven; ihre Reizung hatte noch einen motorischen Effekt zu einer Zeit, wenn die Erregbarkeit des Verlängerten Marks schon total erloschen war und die Atmung und der Puls bereits ausgesetzt hatten. Die gleiche Successivität des Erlöschens der Erregbarkeit war auch an entbluteten Tieren zu verfolgen.

Nichtsdestoweniger sind alle diese Verhältnisse der Auffassung Schiff's keineswegs günstig. Sie beruhen darauf, daß in der Narkose gleichzeitig mit dem Herabgehen der Erregbarkeit des Centralnervensystems schon früh Hautanästhesie auftritt, welche zu einem Erlöschen der Hautreflexe führt. So kommt denn eine Periode zu Stande, wo sowohl die Hautreflexe, als auch die Rindenerregbarkeit aufgehoben gefunden werden. Aber daraus folgt entschieden noch nicht, daß der Verlust der Rindenerregbarkeit in der Narkose oder in der Apnöe auf einem Schwinden der Erregbarkeit der sensiblen Leitungsbahnen, welche in den Hintersträngen des Rückenmarks hinaufsteigen, beruhen muß, und zwar um so viel mehr, als in Wirklichkeit die von Schiff angegebene Korrelation zwischen dem Sinken der Rindenerregbarkeit und dem Herabgehen der Hautreflexe nicht vorhanden ist. In meinen Versuchen ist es mir in der Phase totalen Erlöschens der Erregbarkeit der Gehirnrinde unter dem Einfluß der Narkose, noch gelungen, durch entsprechende Reize Lidbewegungen und Niesen bei den Versuchstieren hervorzurufen; auch die hinteren Rückenmarkswurzeln erwiesen sich dabei noch als erregbar.

Ferner hat Schiff's Hinweis darauf, daß die Latenzperiode der Erregung der Gehirnrinde länger ist, als die Latenzzeit der Erregung der motorischen Nerven, nach meiner Ansicht keine entscheidende Bedeutung im Sinne der von Schiff vertretenen Auffassung. Denn diese Erscheinung spricht nicht nur für eine Identität des motorischen Effektes der Reizung mit den echten Reflexen, sondern widerspricht eher dieser Annahme.

Unter allen Umständen war es ganz unverständlich, wenn sich etwa herausstellen sollte, daß die Latenzzeit der Reizung kleiner oder gleich groß ist, wie die Latenzperiode der Erregung der motorischen Nerven. Denn im Falle der Rindenreizung muß die Erregung durch zwei Etappen grauer Formationen: Gehirnrinde und graue Substanz des Rückenmarks hindurchgehen, anstatt wie bei den Reflexen durch eine einzige solche Etappe.

Beachtung verdient hier schließlich Schiff's Angabe, dahingehend, daß nach vollzogener Durchschneidung der Hinterstränge des Rückenmarks im Laufe der Zeit eine vollendete Unerregbarkeit der Gehirnrinde zu Stande kommen soll. Diese Erscheinung würde, falls sie sich als richtig herausstellen sollte, unbedingt der Auffassung Schiff's günstig sein, welche die Erregbarkeit der motorischen Zone der Gehirnrinde in Abhängigkeit gebracht wissen will von einer Erregung der Fasern, die als Fortsetzungen der Hinterstränge des Rückenmarkes funktionieren. Aber meine Versuche, welche ich zum Behufe der Prüfung dieser Aufstellung Schiff's durchführte, haben nach dieser Richtung hin ein total negatives Ergebnis geliefert[1]), und es blieb nur übrig, aufzuklären, worin die Quelle des Irrtums in Schiff's Versuchen gelegen haben mochte. Wenn ich nach dem Ergebnis meiner eigenen Versuche urteilen soll, so möchte ich im Anschluß an Horsley[2]) meinen, daß das Trauma, das in Schiff's Versuchen bei der Durchschneidung der Hinterstränge diese traf, infolge der Ausbreitung eines konsekutiven Entzündungsprozesses auch auf die jenseits des Hinterstranges gelegene Pyramidenbahn einen Einfluß ausübte, demzufolge letztere in Degeneration übergehen konnten unter gleichzeitigem Verlust der Fähigkeit, der Gehirnrinde weitere Impulse zuzuführen.

Man wird bei dieser Gelegenheit es der Betonung wert erachten, daß überhaupt keinerlei Analogie zwischen den Erscheinungen vorhanden ist, welche bei der Reizung der Gehirnrinde und bei der Reizung der Hinterstränge des Rückenmarks auftreten. Im ersten Fall kommt es, wie wir wissen, zu vollendet differenzierten Bewegungen, bedingt durch die Kontraktionen bestimmter Muskelgruppen; im zweiten Falle jedoch haben wir es, wie ich oft erkannt habe, mit mehr oder weniger allgemeinen Reflexbewegungen zu tun.

Mit Fug und Recht weist Ferrier darauf hin, daß zu Gunsten des Vorhandenseins einer Lokalisation motorischer Centra in der Gehirnrinde die Tatsache spricht, daß die Wirkungen der Reizung einförmig, bestimmt und jedesmal im voraus berechenbar sind, und daß bei einer Verstellung der Elektroden sofort eine andere Bewegung einsetzt, welche

---

1) W. Bechterew, Pflüger's Archiv 1884.
2) Horsley, Brain. Oct. 1886.

ebenso bestimmt und einförmig wie jene gleichfalls schon im voraus berechnet werden kann.[1])

6. Die Erregbarkeit der Rindencentra neugeborener Tiere.

Wir haben uns hier noch kurz mit einigen Angaben zu beschäftigen, welche die Zustände der Rindenerregbarkeit neugeborener Tiere betreffen.

Wir haben vorhin gesehen, daß Marcacci sich völlig ablehnend zu den Beobachtungen verhält, welche Soltmann und nach ihm noch einige andere Autoren über die spätere Ausbildung der motorischen Centra der Gehirnrinde neugeborener Tiere vorgebracht haben. Er will durch Experimente gefunden haben, daß man selbst bei eben geborenen Welpen durch die Reizung der Gehirnrinde solche Bewegungen erzielen könne.

Marcacci behauptet, die Rinde der Neugeborenen wäre nur an der Oberfläche unerregbar; versenkt man die Elektroden bis zu einer Tiefe von 1—2 mm, dann sei Erregbarkeit vorhanden. Diese Tiefe entspricht, zufolge den Angaben von Asch und Neusser[2]) der am meisten erregbaren Schicht der Rinde erwachsener Tiere. Asch und Neusser haben bei ihren einschlägigen Versuchen gefunden, daß wenn die Gehirnrinde aus irgendwelchen Ursachen ihre Erregbarkeit verloren hat, man dann noch von der an der Grenze der weißen Substanz befindlichen Rindenschicht aus motorische Wirkungen erzielen kann. Wenn die Rinde des Gehirns total abgetragen wurde, dann erwies sich die Erregbarkeit der subkortikalen weißen Substanz als relativ gering, wurde aber die soeben erwähnte Grenzschicht zurückgelassen, so erhielt man energische Muskelkontraktionen bei der Reizung dieser Rindenlage.

Im Grunde würden Marcacci's Beobachtungen am Neugeborenenhirn, selbst wenn sie als zutreffend Bestätigung fänden, noch immer nicht als hinreichender Beleg gegen die Annahme selbständiger Rindencentra so aufgefaßt werden können, wie dies ihr Urheber tut.

Im Gegensatz zu Marcacci fand Cromier de Verigny[3]) an Hunden von 1—2 Tagen keine Erregbarkeit der kortikalen Bewegungscentra, und zwar weder bei Anwendung von Chloralhydrat, noch auch ohne Benutzung der Narkose.

Paneth[4]) führte die Mißerfolge der früheren Autoren auf den Einfluß der Narkose zurück und nahm daher in seinen Versuchen von derselben ganz Abstand. Er experimentierte an Welpen von 18—36—48 Stunden; in 4 Fällen machte er außerdem Reizungsversuche an beiden Hemisphären. Seine Ergebnisse waren positiv in 8 Versuchen, wahrscheinlich in 4 und negativ in einem Versuche.

Langlois untersuchte die Bewegungscentra bei neugeborenen Hunden, Katzen und Meerschweinchen. Seine Ergebnisse kommen denen

---

[1]) Ferrier, Die Lokalisation der Gehirnfunktionen.

[2]) Asch u. Neusser, Untersuchungen über die elektrische Erregung der verschiedenen Schichten der Großhirnrinde. Arch. f. die ges. Physiol. 1887, Bd. 40.

[3]) Marcacci, Estratto del giornale della Regia Accad. di Torino 1862.

[4]) Paneth, Pflügers Archiv Bd. 37.

von Soltmann ziemlich nahe. Er benutzte Meerschweinchen im Alter von 15 Stunden bis 2 Tagen. In den Versuchen gelangte stets Chloroform-, Äther- oder Morphiumnarkose zur Anwendung.

Da aber die ursprünglichen Funde Soltmann's unzweifelhaft höchst bedeutungsvoll sind im Sinne einer Lösung der Frage nach dem Vorhandensein einer selbständigen Erregbarkeit der Gehirnrinde, so erscheint es geboten, auf diesen Gegenstand hier ein wenig näher einzugehen. Zieht man einerseits in Erwägung die Angaben von Soltmann, Tarchanov, mir und Langlois, welche für eine spätere Ausbildung der motorischen Rindencentra wenigstens bei einigen neugeborenen Tieren sprachen, und stellt man diesen andererseits die Angaben von Marcacci[1]), Paneth[2]), de Varigny und Lemoigne[3]) gegenüber, dann erkennt man, daß in dieser Frage noch gewisse Unklarheiten obwalten. Im Hinblick darauf veranlaßte ich vor einigen Jahren in meinem Laboratorium eine spezielle Bearbeitung dieses Gegenstandes (Dr. Bary), wobei eine Reihe von Versuchen an neugeborenen Tieren ohne Anwendung der Narkose durchgeführt wurde.[4])

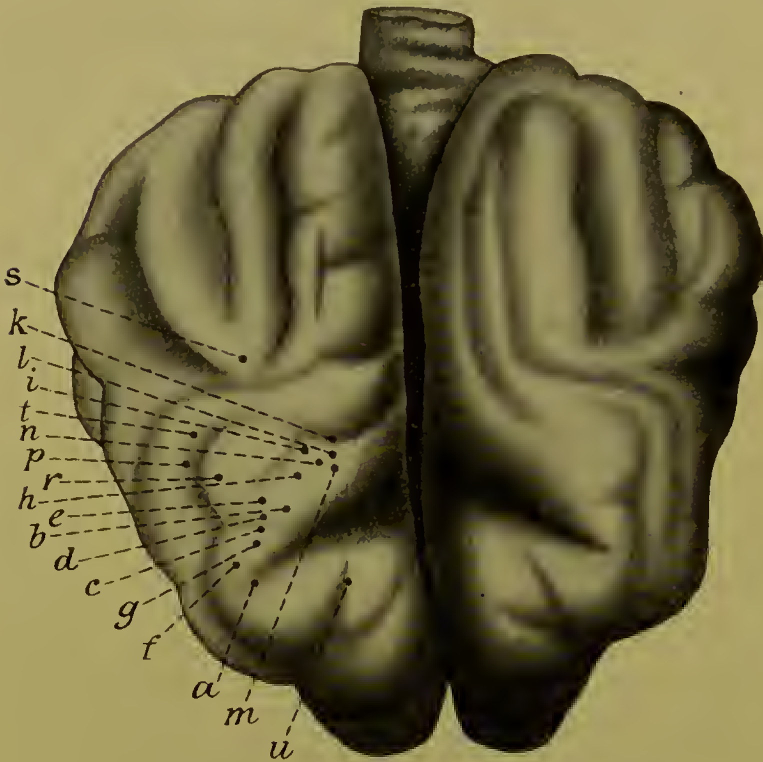


Fig. 239.

Erregbarkeit der Gehirnrinde einmonatiger Welpen.

a Erheben der Schultor; *b* Flexion des Ellenbogens; *c* Extension der Hand; *d* Adduktion des Antibrachium und Ellenbogenflexion; *e* Abduktion des Antibrachium und Ellenbogenflexion; *f* Extension der Finger; *g* Flexion der Finger; *h* Rumpfkrümmung concav nach links; *i* Bewegungen des Schwanzes; *k* Streckung der hinteren Extremitäten; *l* Abduktion des Oberschenkels; *m* Flexion im Hüft- und Kniegelenk; *n* Beugung im Talocruralgelenk; *p* Wondung des Kopfos nach rechts; *r* Schrumpfer der Lippe; *s* Ohrbewegungen; *u* Bowogungen der Augen nach obon und außon.

Das Ergebnis dieser Versuche war nun folgendes:

Bei 38 Versuchen an neugeborenen Welpen im Alter bis zu 20 Tagen konnte in 25 Fällen bei der Reizung der Gehirnrinde ein

---

[1]) Marcacci, Estrato del giornale della Regia Academia di Torino. 1882.
[2]) Paneth, Arch. f. die ges. Phys. Bd. 37.
[3]) Lemoigne, Thèse de Paris. 1888.
[4]) Bary, Über die Erregbarkeit der Gehirnrinde neugeborener Tiere. Dissert. St. Petersburg. 1898.

motorischer Effekt erzielt werden; 12 Fälle ergaben ein negatives Resultat. Dabei entfielen alle negativen Befunde auf die Altersstufe unter 9 Tagen. Es stellte sich ferner heraus, daß äußere Bedingungen und Nebenumstände (Abkühlung der Gehirnoberfläche, Blutungen, voraufgegangene Reizung der Centra mit starken Strömen usw.) auf die Erregbarkeit der Gehirnrinden bei neugeborenen Tieren einen weitaus größeren Einfluß ausüben als bei erwachsenen Tieren. Auf diese Bedingungen, sowie auf den Einfluß der Narkose, welche selbst bei monatigen Welpen die Erregbarkeit der Gehirnrinde total aufhebt, ist wahrscheinlich die Verschiedenheit der Befunde der früheren Autoren zurückzuführen.

Nicht auszuschließen sind demungeachtet in dieser Beziehung wie es scheint auch individuell bedingte Differenzen. Denn in 4 Fällen, wo eine tadellose Technik geübt wurde, ergab sich immerhin ein negatives Resultat. Unter allen Umständen liefern die Versuche an neugeborenen Tieren keine positiven Anhaltspunkte zu der Annahme einer selbständigen Erregbarkeit der Gehirnrinde.

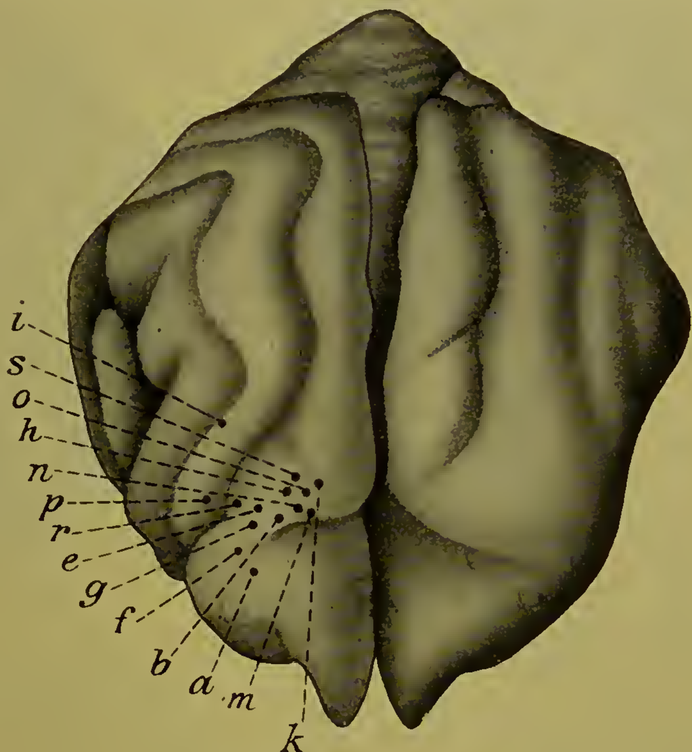


Fig. 240.
Erregbarkeit der Gehirnrinde neugeborener Welpen.
n Beugung im Knie; *o* Zehenflexion. — Die übrigen Buchstaben wie in Fig. 239.

Wenn nämlich die Versuche an neugeborenen Tieren bei der Reizung der Gehirnrinde in vielen Fällen positive Ergebnisse hatten, so bestehen doch auffallende Differenzen bezüglich der Erregbarkeit der Gehirnrinde bei den erwachsenen und neugeborenen Tieren. Wir finden bei den neugeborenen vor allen Dingen nie eine analoge Differenzierung der Centra der Gehirnoberfläche, wie dies bei den erwachsenen der Fall ist; man kann an dem Neugeborenengehirn gewöhnlich kaum mehr als einige wenige Punkte herausfinden, welche als Centra für die Bewegungen bestimmter Gliedmaßen funktionieren, und die Bewegungen, welche man daselbst durch Reizung erhält, stellen sich, wie ich gefunden habe, als langsame tonische Kontraktion größerer Gebiete und selbst des ganzen Körpers dar, anstatt als schnell vorübergehende Kontraktionen einzelner Muskelgruppen; es kann also von eigentlichen differenzierten Bewegungen, wie sie für die Gehirnrinde

der erwachsenen Tiere so charakteristisch sind, in diesem Fall nicht die Rede sein.

Meine diesen Gegenstand betreffenden Experimente haben fernerhin gezeigt, daß bei den neugeborenen Tieren bis zu einer gewissen Altersstufe ganz und gar nicht jene charakteristischen klonischen Muskelkrämpfe hervorgerufen werden können, welchen man bei der Reizung der Gehirnrinde erwachsener Tiere zu begegnen pflegt. Es gelingt auch nicht bei neugeborenen Tieren, wie ich eingesehen habe, epileptische Anfälle zu erzielen, während solche bei der Rindenreizung erwachsener Tiere auffallend leicht hervortreten.

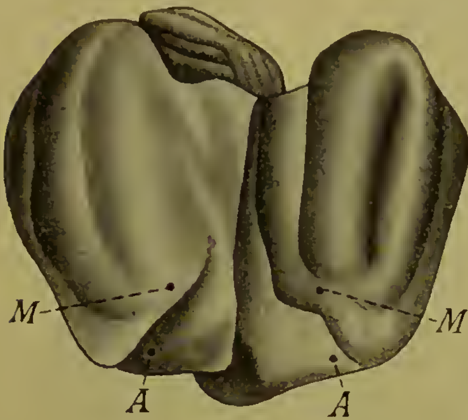


Fig. 241.
Erregbarkeit der Gehirnrinde bei der neugeborenen Katze.
A vordere Extremität; *M* hintere Extremität.



Fig. 242.
Erregbarkeit der Gehirnrinde bei einem 3 Tage alten Hunde.
A vordere Extremität; *M* hintere Extremität. — Reizpunkte an der linken Hemisphäre: *f* Extension der Finger und Adduktion des Vorderarms; *g* Flexion der Finger und Adduktion des Vorderarms; *m* Flexion der hinteren Extremität im Hüftgelenk; *k* Streckung der hinteren Extremität; *r* Kontraktion der rechten Lippenhälfte. — Reizpunkte an der rechten Hemisphäre: *a* Erheben der Schulter; *A* die gleiche Bewegung, aber verbunden mit allgemeiner Kontraktion der ganzen Extremität; *f* Streckung der Finger; *g* Beugung der Finger; *d* Adduktion des Vorderarms; *M* allgemeine Kontraktion der hinteren Extremität; *r* Kontraktion der linken Seite der Oberlippe.

Falls bei dem neugeborenen Tier aus irgend welchen Gründen von der Gehirnrinde aus eine motorische Wirkung nicht erzielbar war, ergibt die Reizung der subkortikalen Gehirnteile, so z. B. des Gehirnstammes deutliche Bewegungseffekte.

Endlich haben Untersuchungen meines Laboratoriums (Dr. Bary) dargetan, daß die Latenzperiode der Bewegung bei neugeborenen Tieren wesentlich länger ist, als bei erwachsenen und sich auch in auffallender Weise von der der subkortikalen Gehirnteile zukommenden Latenzperiode unterscheidet (Fig. 243).

Mir scheint, daß diese so auffallenden Unterschiede der Rindenerregbarkeit Neugeborener von der Rindenerregbarkeit Erwachsener nicht unbeachtet bleiben dürfen. Meiner Ansicht nach liefern sie ein unzweifelhaftes Zeugnis für die mangelhafte Ausbildung der motorischen Centra neugeborener Tiere. Dafür spricht auch die deutlich noch rück-

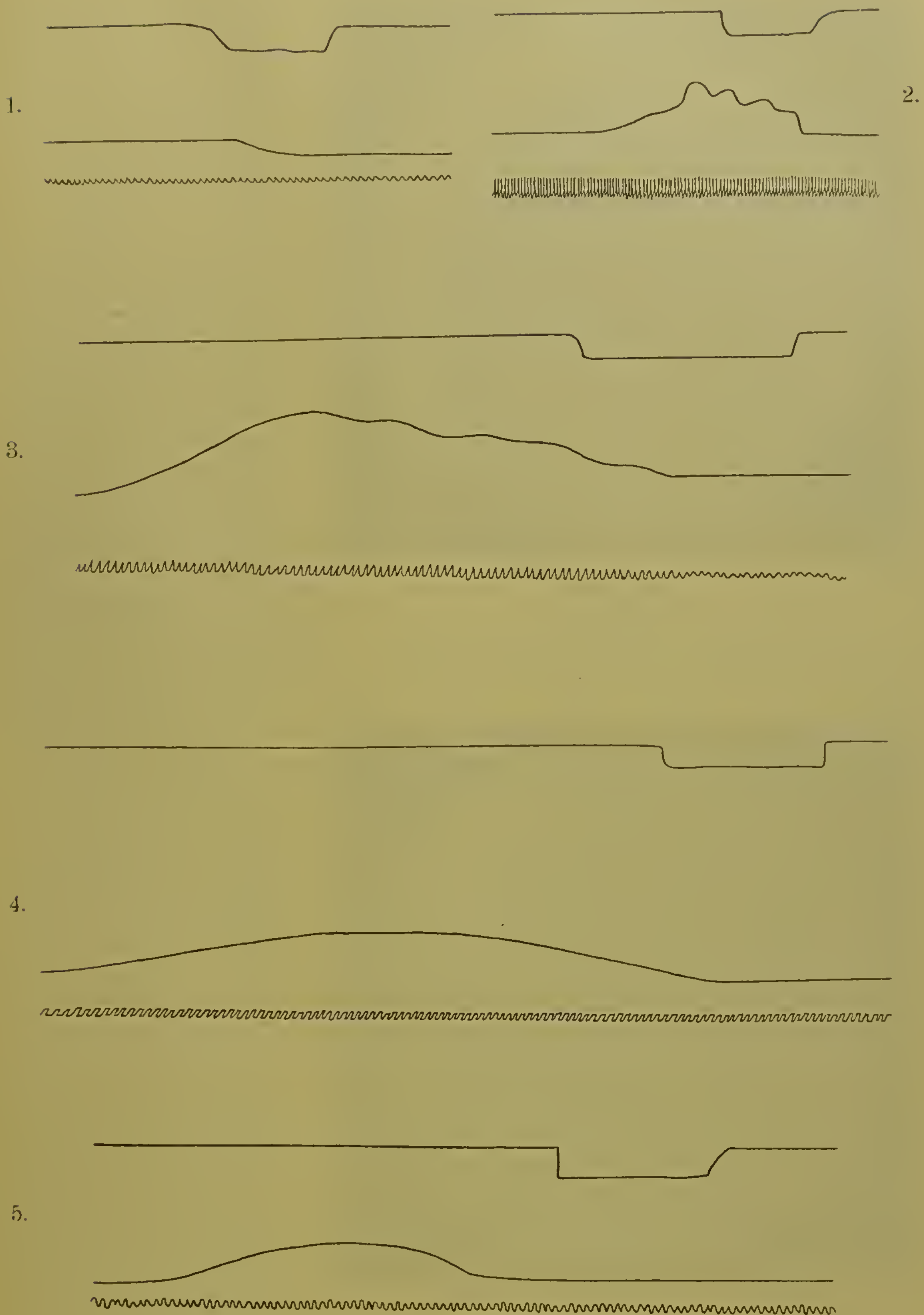


Fig. 243.

Verlauf der Muskelkontraktion: 1. bei Reizung der Rinde eines neugeborenen Hundes; 2. bei Reizung der weißen Substanz des Gehirns eines neugeborenen Hundes; 3. bei Reizung der Rinde eines 10 Tage alten Hundes; 4. bei Reizung der Rinde eines 2 Monate alten Hundes; 5. bei Reizung des Nervus ischiadicus eines neugeborenen Hundes.



Fig. 244.
Nervenzellen aus der Gehirnrinde eines 1 Monat alten Hundes. Behandlung nach NISSL.

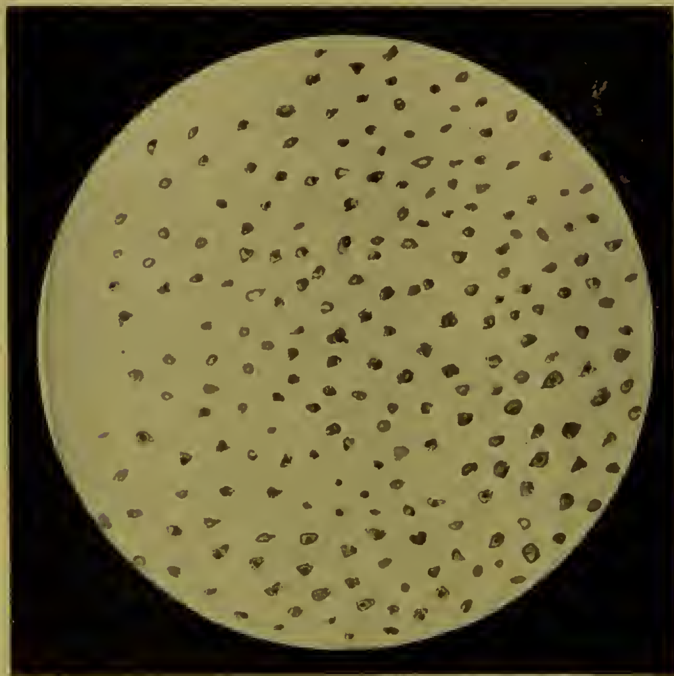


Fig. 245.
Nervenzellen aus der Gehirnrinde eines neugeborenen Kindes. Behandlung nach NISSL.

ständige Formierung der Nervenzellen (Fig. 244, 245) in den motorischen Rindengebieten, sowie der markhaltigen Fasern der Rinde und der subkortikalen Schichten (Fig. 246, 247). Zugleich aber sprechen diese Verhälltnisse der Erregbarkeit in positivem Sinn für das Bestehen selbständiger motorischer Rindencentra, da sie sonst völlig unverständlich und unerklärbar daständen.

Späterhin ist die Frage nach der Erregbarkeit der Rindencentra in meinem Laboratorium durch Dr. S. MIHAILOW einer erneuten Untersuchung unterzogen worden, wobei man bei den Versuchen keine Narkose anwandte und die Gehirnrinde fortwährend mit LOCKE'scher Flüssigkeit übergoß. Die Reizung geschah mittels des DU BOIS-REYMOND'schen Induktionsschlittenapparates durch Platinelektroden. Zu den Versuchen dienten Welpen im Alter von 12 Stunden bis 16 Tagen und außerdem drei Meerschweinchen.

Man kann die Hauptergebnisse dieser Untersuchungen in folgenden Sätzen zusammenfassen:

1. Die Gehirnrinde zeigt sich beim Hunde schon in den ersten Stunden nach dem Wurf erregbar, wenn man die Operation unter hinreichenden Kautelen ausführt. Doch erschöpfen sich die erregbaren Stellen bei der Reizung außerordentlich schnell.

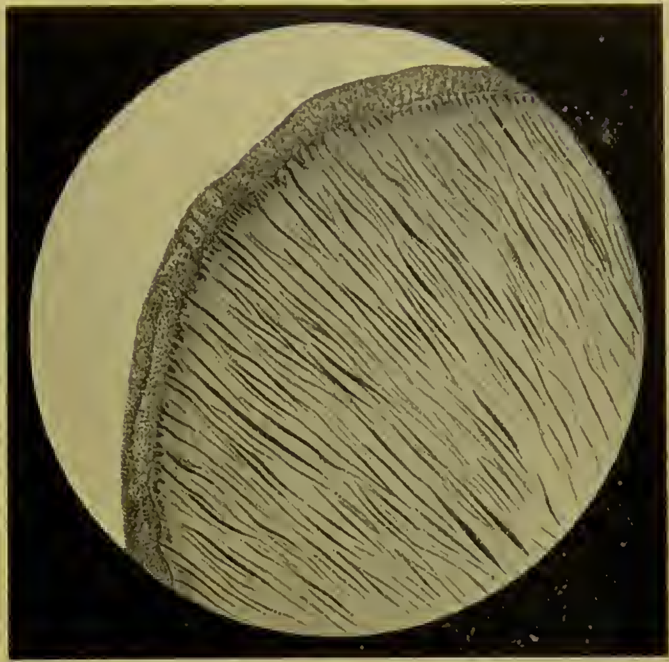


Fig. 246.
Markhaltige Nervenfasern aus der Gehirnrinde eines neugeborenen Hundes.

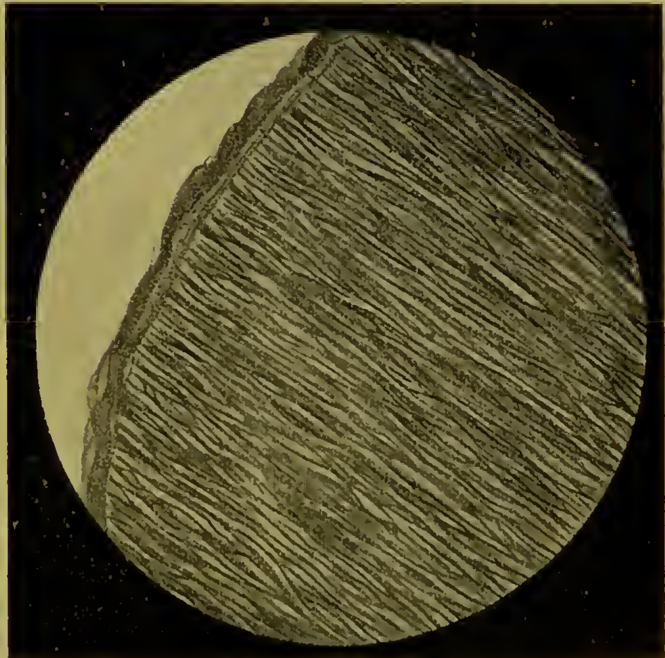


Fig. 247.
Markhaltige Nervenfasern aus der Gehirnrinde eines zwei Tage alten Hundes.

2. Die erforderliche Stromstärke nimmt mit dem Wachstum des Tieres allmählich ab, und die Zahl der Centren nimmt immer mehr zu mit fortschreitender Entwicklung.

3. In den ersten Tagen erzielt man allgemeine Kontraktionen des Vorderbeines der entgegengesetzten Seite (Fig. 248, 249, 250 *A*), ferner allgemeine Kontraktionen des kontralateralen Hinterbeins (Fig. 248, 249, 250 *B*), Bewegungen der Kiefer, welche an Kauen erinnern (Fig. 248, 250 *C*), Drehung des Kopfes um die Vertikalachse nach der entgegengesetzten Seite (Fig. 251, 252 *F*).

4. Bei 3 Tage alten Welpen erzielt man außerdem Seitwärtsbewegungen der Augäpfel (Fig. 253 *E*), bald mit Aufwärtsbewegungen, bald mit Abwärtsbewegungen derselben kombiniert.

5. Bei 5 Tage alten Welpen treten zu den bisher erwähnten Bewegungen noch hinzu: Bewegungen des Kopfes um die Längsachse des Körpers mit Wendung der Occipitalregion (Fig. 255 *G*), Schließung der Augenlider (Fig. 254 *K*), Emporheben der Ohrmuschel (Fig. 254 *T*).

6. Bei Welpen von 7 Tagen können außer den vorgenannten Wirkungen (Fig. 256, 257) noch Schwanzbewegungen (Fig. 256 *Q*) erzielt werden.

7. Bei Welpen von 9 Tagen treten zu den vorgenannten Bewegungserscheinungen hinzu: Streckung der kontralateralen hinteren Extremität. Bewegungen der Oberlippe und Erweiterung der Pupille.

8. Bei Welpen von 10 Tagen treten ferner auf: assoziierte Bewegungen der Augäpfel nach der entgegengesetzten Seite, kombiniert mit Auf- oder Abwärtsbewegungen derselben, sowie Bewegung des Rumpfes mit der Konkavität nach der entgegengesetzten Seite.

9. Mit fortschreitendem Alter nimmt beim Hunde auch die Differenzierung der Rindencentra zu (Fig. 258, 259). Im allgemeinen wächst bei neugeborenen Hunden im Maße des Alters die Zahl der erregbaren Rindenstellen. Aber einzelne von den angegebenen Rindenpunkten sind nicht bei allen neugeborenen Tieren des gleichen Alters und der gleichen Art als erregbar anzutreffen (Fig. 249, 250) und es können bei älteren Welpen sogar weniger erregbare Punkte gefunden werden, als bei jüngeren

10. Die wichtigste Eigentümlichkeit neugeborener Tiere besteht darin, daß man a) bei neugeborenen Welpen weder tonische noch klonische Krämpfe zu erzielen vermag, und daß b) bei der Reizung einzelner Punkte allgemeine summarische Bewegungseffekte auftreten, während bei erwachsenen Tieren unter gleichen Verhältnissen mehr differenzierte Einzelbewegungen zu Stande kommen. Dies bezieht sowohl auf die Bewegungen der Extremitäten, als auch auf die Augapfelbewegungen.

11. Bei der Reizung der motorischen Rindenzone von Meerschweinchen einige Stunden nach dem Wurf erhält man das deutliche Bild klonischer Krämpfe, welche in tonische Krämpfe übergehen.

Beachtung verdient die Ausbildung des Pupillenreflexes bei neugeborenen Hunden, welche bekanntlich mit geschlossenen Augen geboren werden. In meinem Laboratorium sind von Dr. S. Mihailow nach dieser Richtung hin Spezialversuche ausgeführt worden. Man umschnitt zu diesem Zweck den neugeborenen Tieren vorher das obere und untere Augenlid beiderseits und nahm dann den Stamm des Halsteiles des Vagosympathicus in Ligatur und unterzog ihn der Reizung. Außerdem prüfte man die Reaktion der Pupillen auf Licht.

Das Ergebnis dieser Versuche war folgendes:

1. Beim Hunde ist der Pupillenreflex um die Zeit der Geburt noch unentwickelt; er tritt erst in den ersten Tagen des Extrauterinlebens auf.

2. Um die Zeit der spontanen Lideröffnung haben neugeborene Hunde bereits sämtliche Pupillenreflexe in ausgebildeter Form.

3. Ganz zuerst entwickelt sich der Reflex der Nickhaut bei Reizung des Vagosympathicus, wenn der Hund drei Tage alt wird.

4. Am 6. Tage beginnt die Pupille auf Licht zu reagieren; ausgebildet ist jetzt auch die Reaktion der Pupille auf Schmerzreize von größerer Intensität.

5. Der durch Reizung des Vagosympathicus bedingte Pupillenreflex tritt erst in einem Alter von 7 Tagen auf.

6. Bei 8, manchmal schon bei 7 Tage alten Welpen tritt bei Reizung des Vago-Sympathicus zuerst Auswärtsrücken des Augapfels auf.

Demnach entwickeln sich der Pupillen- und die übrigen Augenreflexe um ein weniges früher, als das Tier sich der Augen zum Sehen bedient. Die kortikalen Pupillencentra treten, wie wir sahen, bei neugeborenen Welpen nicht vor dem 9. Tage auf.

Zwei Versuche an Meerschweinchen kurz nach dem Wurf (dies

Tier kommt bekanntlich sehend zur Welt) zeigten, daß dieses Tier schon von Geburt ausgebildete Pupillenreflexe besitzt.

Fig. 248—259.

Die Erregbarkeit der Gehirnrinde bei neugeborenen Hunden.

A Allgemeine Kontraktionen des Vorderbeins; *B* Allgemeine Kontraktionen des Hinterbeins; *C* Bewegungen der Kiefer; *D* Dilatation der Pupille; *E* Bewegungen der Augäpfel; *F* Drehung des Kopfes um die Vertikalachse; *g* Bewegungen des Kopfes um die Längsachse des Körpers; *H* Streckung der hinteren Extremität; *M* Bewegungen der Oberlippe; *K* Schließung der Augenlider; *N* Erweiterung der Pupille; *P* Kontraktionen der Occipitalmuskeln; *R* Bewegungen des Rumpfes; *Q* Schwanzbewegungen; *T* Emporheben der Ohrmuschel.

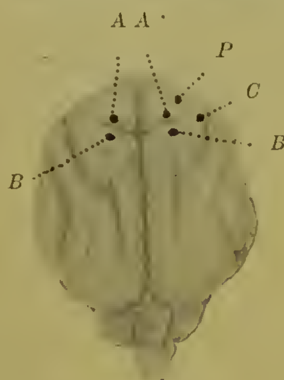


Fig. 248.
Hund von 12 Stunden.

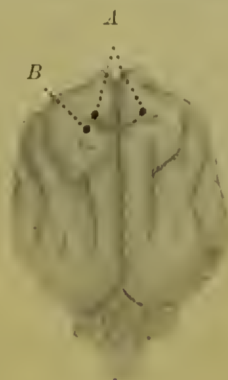


Fig. 249.
Hund von 15 Stunden.

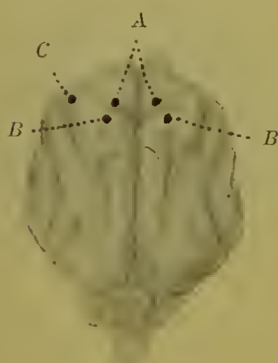


Fig. 250.
Hund von 15 Stunden.

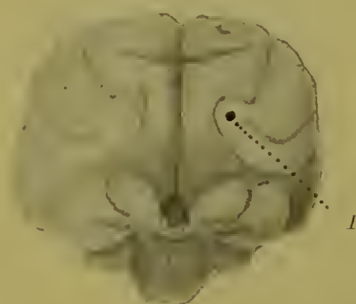


Fig. 251.
Hund von 15 Stunden.

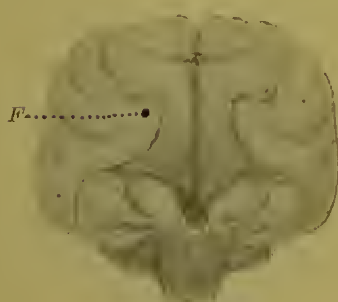


Fig. 252.
Hund von 15 Stunden.

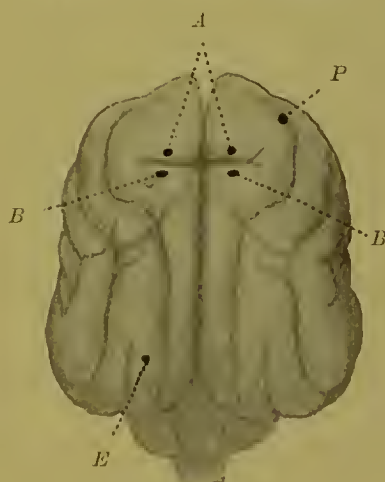


Fig. 253.
Hund von 3 Tagen.

A Allgemeine Kontraktionen des Vorderbeins; *B* Allgemeine Kontraktionen des Hinterbeins; *C* Bewegungen der Kiefer; *D* Dilatation der Pupille; *E* Bewegungen der Augäpfel; *F* Drehung des Kopfes um die Vertikalachse: *g* Bewegungen des Kopfes um die Längsachse des Körpers; *H* Streckung der hinteren Extremität; *M* Bewegungen der Oberlippe; *K* Schließung der Augenlider; *N* Erweiterung der Pupille; *P* Kontraktionen der Occipitalmuskeln; *R* Bewegungen des Rumpfes; *Q* Schwanzbewegungen; *T* Emporheben der Ohrmuschel;

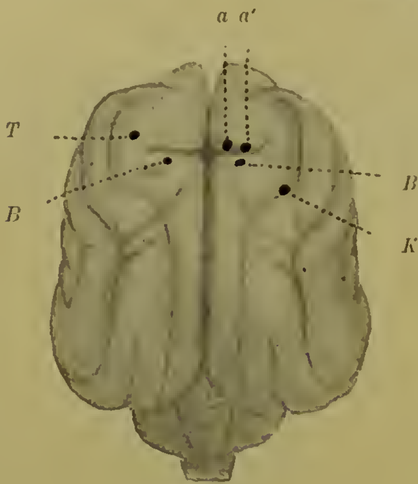


Fig. 254.
Hund von 5 Tagen.

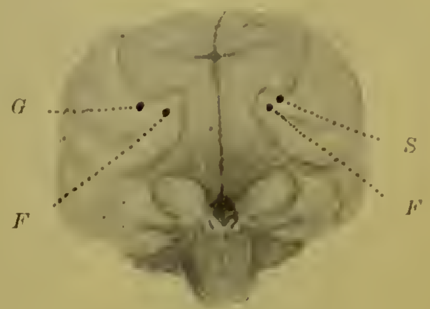


Fig. 255.
Hund von 5 Tagen.

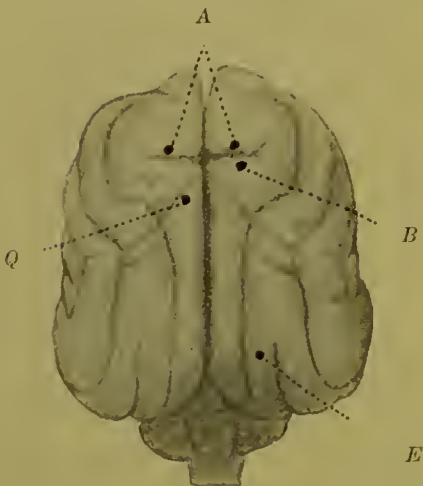


Fig. 256.
Hund von 7½ Tagen.

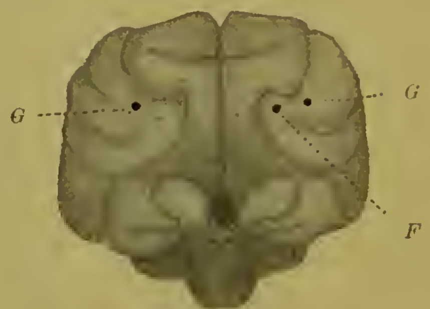


Fig. 257.
Hund von 7½ Tagen.

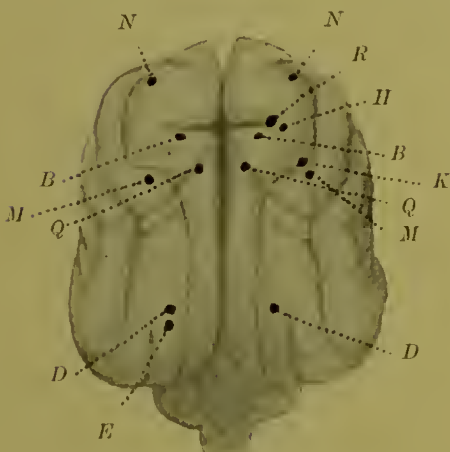


Fig. 258.
Hund von 11 Tagen.

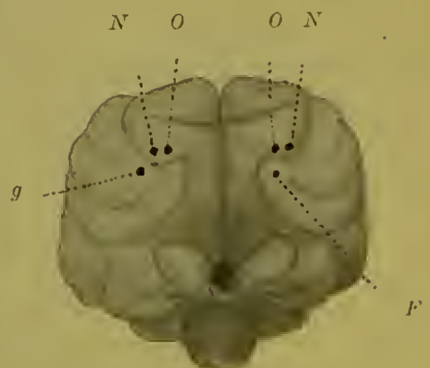


Fig. 259.
Hund von 11 Tagen.

7. Neuere Bedenken gegen die Lehre von der funktionellen Lokalisation in der Gehirnrinde.

Die im vorstehenden mitgeteilten Befunde sind vollkommen hinreichend, um der Vermutung jeden Boden zu entziehen, daß der Strom, den wir an die Oberfläche einer Gehirnhemisphäre applizieren, motorische Wirkungen nicht der Erregung der eigentlichen Rindencentra selbst, sondern durch eine Reizung irgend welcher anderen Gehirnteile hervorrufe. Im Gegenteil, alle vorliegenden Tatsachen bezeugen zur Evidenz, daß wir überall, wo eine Reizung der Gehirnoberfläche stattfindet, die motorische Wirkung in der Gehirnrinde selbst erzielen, in welcher selbständige Centra ihren Sitz haben und deren Reizung Gliedmaßenbewegungen ergibt. Dieser Satz ist hier ganz besonders zu unterstreichen, denn er bildet die Grundlage der Lehre von den Lokalisationen in der Gehirnrinde. Mit der Annahme dieses Satzes fallen natürlich auch alle jene Theorien, welche die Lokalisationslehre bekämpfen.

Es sind übrigens in neuerer Zeit gegen die Lehre von den Rindenlokalisationen nach einer anderen Seite hin Bedenken erhoben worden.

Ewald reizte, indem er Drahtelektroden in eine Trepanationsöffnung des Schädels einführte, die Gehirnrinde ungefesselter und nicht narkotisierter Tiere und zwar so, daß die Reizung mittels eines in der Hand des Experimentators befindlichen Schlüssels in jedem beliebigen Moment ausgeführt werden konnte. Er will nun dabei gefunden haben, daß man, möge die Rinde hier oder anderswo gereizt werden, immer den gleichen motorischen Effekt erhält, bestehend in mehr oder weniger ausgebreiteten Krämpfen.

Indessen haben die Versuche anderer Forscher diese Angaben nicht als richtig bestätigt. Talbert z. B. hat bei einer Nachprüfung der Ewald'schen Versuche nach der von ihm angegebenen Methode im Gegensatz zu Ewald gefunden, daß die Reizung jener Stelle der Gehirnrinde vollkommen charakteristische Bewegungserscheinungen liefert. Auch gelang es Talbert nie, von der Occipitalregion aus Extremitätenbewegungen hervorzurufen.[1]) Immerhin ist zuzugeben, daß jede Stelle der Gehirnrinde erregungsfähig ist; erregbare Stellen im eigentlichen Sinn gibt es an der Oberfläche nicht.

Im ganzen lassen sich die Stimmen der Gegner der Lehre von der Rindenlokalisation, welche, wie wir sehen werden, von klinischer Seite her eine starke Unterstützung findet, in letzterer Zeit immer seltener vernehmen. Offenbar ist die Zeit nicht mehr weit, wo die ganze Diskussion, welche sich über die Lehre von den Rindenlokalisationen entsponnen hat, nur noch auf historisches Interesse wird zu rechnen haben.

Alle Versuche, bemerkt Hitzig, soweit sie mit den notwendigen technischen Kautelen ausgeführt wurden, bezeugen die Existenz besonderer Centra in der Gehirnrinde; soweit sie aber ohne solche Kautelen angestellt sind, haben sie keine Tatsachen hervorgebracht, welche mit der Lehre von den Rindenlokalisationen unvereinbar wären.

---

[1]) G. Talbert, Some exper. studies in cerebral localisation. The Philadelphia med. Journ. 1899, S. 1024.

Man muß auch beachten, daß die Lehre von der Lokalisation der Funktionen in der Gehirnrinde nicht allein auf Erscheinungen der motorischen Erregbarkeit der Rindengebiete sich stützt, sondern auch auf Experimente und Beobachtungen, welche mit ungemeiner Überzeugungskraft dartun, daß die Vernichtung und Zerstörung bestimmter Rindenpartien zu einem Ausfall bestimmter Funktionen führt. So z. B. bewirkt die Zerstörung bestimmter Gebiete der hinteren Hemisphärenabschnitte das Auftreten von Blindheit; die Abtragung bestimmter Stellen des Schläfenlappens führt zur Ausbildung von Taubheit: die Zerstörung bestimmter Teile an der Grenze zwischen Stirn- und Scheitellappen hat Hautanästhesie und Ausbildung von Parese oder Paralyse der Extremitäten und anderer Körperteile zur Folge usw.

Diese Tatsachen können gegenwärtig irgend welchen Zweifeln nicht mehr unterliegen und stoßen auch auf keinen Widerspruch, und daher erscheint die Lehre von der Lokalisation der Rindenfunktionen jetzt sowohl nach der experimentellen, als auch nach der klinischen Seite hin als vollkommen sicher begründet. Meinungsverschiedenheiten irgend welcher Art können nur noch über Einzelheiten der Frage bestehen. Die eigentliche Lokalisationslehre als solche aber wird, wenn auch mit bestimmten Einschränkungen, als gesicherte Grundlage unserer Anschauungen von den Funktionen der Gehirnrinde festzuhalten sein.

8. Die Bedingungen der Rindenerregbarkeit.

Schon bald nach der Entdeckung der motorischen Rindencentra ergab sich die Möglichkeit, durch die Bestimmung des Erregbarkeitsgrades dieser Centra einen allgemeinen Maßstab für die Rindenerregbarkeit zu gewinnen. Damit im Zusammenhange steht eine ganze Reihe von Untersuchungen über den Einfluß bestimmter Faktoren und Agentien auf die Erregbarkeit der Gehirnrinde. Diese Untersuchungen beziehen sich auf die Wirkung von Morphium[1]), Alkohol[2]), Absynth[3]), Amylnitrit[4]), Aethyläther[5]), Bromchinin[6]), Nikotin[7]), Kohlenoxyd[8]), Curare[9]), Hypnon[10]), Methyl[11]), Aethylalkohol[12]), tertiären Alkoholen[13]), Trimethylcarbinol[14]), Chloralhydrat[15]) und vieler anderer Stoffe. Diese Untersuchungen interessieren nicht nur hinsichtlich der Mittel und Agentien, welche eine bestimmte Wirkung auf die Rindenrregbarkeit der Gehirnrinde

---

1) Hitzig, Untersuchungen über das Gehirn. 1874, S. 36—39.
2) Couty, Soc. de Biol., 28 Janvier. 1883.
3) Donatto, Arch. de phys. serie E. vol. x. 1882.
4) Crichton-Brown, The Wesskidingche reports. 1873. v. III.
5) Albertoni, Arch. f. exper. Path. u. Pharm. 1882, Bd. 15.
6) Tumas, Dissert. St. Petersburg. 1883.
7) Schtscherbak, Vrač. 1887, Nr. 4.
8) Hardin, Dissert. St. Petersburg. 1883.
9) Hitzig, a. a. O. S. 57.
10) Danillo und Blumenau, Vrač. 1887, Nr. 43.
11) Potrohin, Vrač. 1887, Nr. 10.
12) Žukovski, Obośrên. psihiatr. 1898.
13) Šatrov, Vrač. 1887, Nr. 19.
14) Šumova-Simanovskaja, Ěžened. klin. gaš. 1886, Nr. 11.
15) Albertoni, a. a. O.

ausüben, sondern auch speziell in Beziehung auf die Rindenerregbarkeit, weshalb es notwendig erscheint, auf diese Befunde, wenn auch in aller Kürze, hier einzugehen.

Alle jene Agentien, welche auf diese Erregbarkeit der motorischen Rindencentra einen Einfluß ausüben, können in zwei Kategorien eingeteilt werden:

1. in Mittel, welche die Erregbarkeit der Rindencentra herabsetzen, und
2. in Mittel, welche die Erregbarkeit der Rindencentra erhöhen.

a) Die Erregbarkeit der Gehirnrinde hemmende Agentien.

Man kennt gegenwärtig eine ganze Reihe von Stoffen, welche auf die Erregbarkeit des Rindencentrums eine hemmende Wirkung ausüben.

Vor allem ist in dieser Beziehung der Einfluß der Chloroformnarkose zu betonen. Schon Ferrier, auf die Hemmungswirkung des Chloroforms aufmerksam geworden, hat gefunden [1]), daß die Erregbarkeit der Gehirnrinde um so mehr herabgeht, je tiefer die Chloroformnarkose ist, bis die Erregbarkeit in ganz tiefer Narkose ganz erlischt.

Analoge Verhältnisse sind von Hitzig bezüglich der Aether- und Morphiumnarkose [2]), und von Varigny hinsichtlich des Chlorals [3]) festgestellt worden. Das Herabgehen der Erregbarkeit bei der Narkotisierung mit diesen Mitteln ist eine im allgemeinen unbestreitbare Tatsache, welche man durch entsprechende Versuche in jedem Laboratorium leicht konstatieren kann. Hinsichtlich der Morphiumnarkose jedoch muß bemerkt werden, daß die Hemmungswirkung dieses Mittels auf die kortikale Erregbarkeit schwächer ist, als die Wirkung anderer Mittel; nach dem Aussetzen der Narkose entledigt sich das Versuchstier schnell der Folgen der Hemmung; daher wird man bei allen Untersuchungen, wo es darauf ankommt, die Rindenerregbarkeit annähernd in normalen Grenzen zu erhalten, sich am besten der Narkotisierung durch Morphiuminjektionen bedienen.

Wegen der hervorragenden Bedeutung des Bromkaliums für therapeutische Zwecke ist der Einfluß dieses Mittels auf die Erregbarkeit der Rindencentra in mehreren Spezialuntersuchungen, welche Albertoni [4]) und Rosenbach [5]) angehören, geprüft worden.

Beide Untersuchungsreihen stellten die hochgradig herabsetzende Wirkung des Bromkaliums auf die Erregbarkeit der Gehirnrinde fest. Dabei hängt der Grad der Herabsetzung der Rindenerregbarkeit ganz ab von der Dose des Mittels, welche man dem Versuchstier verabreicht.

---

[1]) Ferrier, Exp. research. in cerebr. phys. and pathol. The west. riding. Azylum Reports. Vol. III. Jan. 1873.

[2]) Hitzig, Untersuchungen über das Gehirn. 1874.

[3]) Varigny, a. a. O.

[4]) Albertoni, Untersuchungen über die Wirkung einiger Arzneimittel auf die Erregbarkeit des Großhirns, etc. Arch. für exp. Path. und Pharm. 1882, Bd. 15.

[5]) Rosenbach, Vêstn. psihiatr. 1883. Neurolog. Centralbl. 1883.

Auch andere Verbindungen des Broms, so Bromnatrium, Bromgold[1]) und Bromchinin[2]) üben in mehr oder weniger ausgesprochener Weise eine hemmende Wirkung auf die Erregbarkeit der Rindencentra aus.

Zu den die Erregbarkeit hemmenden Mitteln gehören ferner das Antipyrin[3]), das Hypnon[4]) und eine ganze Reihe anderer pharmakologischer Agentien.

Abgesehen davon kennt man eine Anzahl rein physikalischer bezw. physiologischer Einflüsse, welche die Erregbarkeit der Gehirnrinde in mehr oder weniger auffallender Weise beeinträchtigen. Wir gedachten vorhin bereits der hemmenden Wirkung der Austrocknung und Abkühlung auf die Erregbarkeit der Rindencentra, Verhältnisse, welche einerseits durch die Untersuchungen von Fr. Franck, andererseits durch die Untersuchungen von de Varigny näher verfolgt werden.

Auch die Wirkung der anästhesierenden Mittel führt in der Mehrzahl der Fälle zu einem Herabgehen der Erregbarkeit der Gehirnrinde. Nach den Untersuchungen von Tumas, welche später auch von Anderen als richtig bestätigt wurden, bewirkt die Bepinselung der Gehirnoberfläche mit Cocain ein beträchtliches Sinken der Erregbarkeit der Rinde. So z. B. mußte man 10 Minuten nach der Bepinselung mit einer 4proz. Cocainlösung den Rollenabstand um 3 cm vermindern, um den gleichen minimalen Erregungseffekt zu erzielen, wie er vor der Aufpinselung vorhanden war. Schwächere Lösungen setzen in geringerem Grade die Erregbarkeit der Gehirnrinde herab. Einspritzungen in das Blut wirken noch schwächer. Morphium hat auf die Rinde eine schwächere Wirkung, als Cocain.

Daß die Latenzperiode der Rindenerregung bei der Wirkung aller dieser Mittel eine mehr oder weniger beträchtliche Verlängerung erfährt, versteht sich von selbst.

Eine größere praktische Bedeutung haben ferner die Befunde, welche den hemmenden Einfluß der Anämiezustände auf die Erregbarkeit der Rindencentra betreffen.

Außer der schon zitierten Arbeit Vulpian's über diesen Gegenstand verdienen hier in erster Linie Tarchanov's Untersuchungen Beachtung. Er konstruierte einen besonderen Apparat, welcher nach Art des Junaudschen Schuhes dem hinteren Teil des Rumpfes der Versuchstiere angepaßt wurde. Wenn man aus dem Apparat die Luft herauspumpte und eine Hyperämie der hinteren Körperhälfte des Tieres eintrat, wurde das Kopfende des Tieres anämisch, und die Erregbarkeit der Gehirnrinde erfuhr dann eine auffallende Verminderung; der Wiedereintritt der Luft in den Apparat führte dagegen fast unmittelbar zu einer Wiederherstellung der normalen Erregbarkeit der Gehirnrinde.[5])

Spanbock erzeugte ein Herabgehen des Blutdruckes durch Reizung des peripheren Endes des N. vagus. Schon eine Minute nach dem Beginn der Reizung fing die Erregbarkeit der Rinde zu sinken an und

---

[1]) Kiselew, Dissert. St. Petersburg.

[2]) Tumas, Beiträge zur Pharmakologie des Hydrobromchinins. Dissert. 1883.

[3]) Blumenau, Über den Einfluß des Antipyrins auf das Nervensystem. Věstn. psihiatr. und nevropatol. Bd. 6, Heft 1.

[4]) Danillo und Blumenau, Über den Einfluß des Hypnons auf die Erregbarkeit der Gehirnrinde. Vrač 1887.

[5]) Tarchanov, a. a. O.

dieses Sinken der Erregbarkeit nahm bei der weiteren Vagusreizung noch mehr zu.[1])

In meinem Laboratorium fand Dr. Borišpolski in einer Reihe von Spezialversuchen ein Herabgehen der Bewegbarkeit unter dem Einflusse von Rotationsbewegungen der Versuchstiere mit centralwärts gerichtetem Kopf, wobei sich Anämie entwickelte.[2])

Lussana und Lemoigne entfernten die Pia mater und bewirkten dadurch ein Aufhören des Blutzuflusses zum Kopfe; die Erregbarkeit der Gehirnrinde ging dabei total verloren.[3]) In diesem Fall konnte übrigens auch die Blutung auf die Erregbarkeit der Gehirnrinde einen Einfluß haben.

Die hemmende Wirkung der Hämorrhagien auf die Erregbarkeit der Gehirnrinde ist jetzt durch eine ganze Reihe von Untersuchungen über jeden Zweifel erhaben.

So beobachteten Fr. Franck[4]) und Eckhard[5]) schnelles Fallen der Rindenerregbarkeit bei profusen Blutungen.

Durch die Untersuchungen Orschanski's ist andererseits nachgewiesen, daß das Fallen der Erregbarkeit der Gehirnrinde in gewissen Beziehungen zu der Quantität des Blutverlustes steht; ein Herabgehen der Erregbarkeit kommt nach seinen Befunden nur dann zur Beobachtung, wenn der Blutverlust nicht weniger als $^1/_3$ der Gesamtblutmenge des Tieres betrug; geringere Blutverluste, aber nicht unter $^1/_7$ der Gesamtblutmenge, wirken sogar in umgekehrtem Sinn, d. h. im Sinne einer Erhöhung der Erregbarkeit der Gehirnrinde.[6])

b) Die Erregbarkeit der Gehirnrinde steigernde Agentien.

Was die Faktoren betrifft, welche die Erregbarkeit der Gehirnrinde erhöhen, so kommen in dieser Beziehung vor allen Dingen eine ganze Reihe pharmakologischer Mittel in Betracht.

Unter diesen sind zu erwähnen das Cinchonin, das Cinchonidin, das Atropin, das Pikrotoxin, das Nikotin, ferner gehören Absynth und kohlensaures Lithium hierher.

Bezüglich des Cinchonins und Cinchonidins liegen die bereits angeführten Untersuchungen von Albertoni vor, welche unter anderem dargetan haben, daß Injektionen von Cinchonidin bei den Versuchstieren nicht selten epileptische Anfälle hervorrufen. Eine analoge Wirkung des Cinchonidins ist auch von Rovighi und Laurini bemerkt worden. Nach den Ermittlungen der letztgenannten Beiden hat auch das Pikrotoxin eine analoge Wirkung. Aber mit weitaus größerer Beständigkeit erzielt man epileptische Anfälle durch die Einspritzung von Absynthöl und sogar durch die Einführung von Absynthessenz in den Magen, wie

---

[1]) Spanbock, Über die motorischen Wirkungen von der Gehirnrinde aus bei erhöhtem und herabgesetztem Arteriendruck. Archiv psihiatr. 1890.

[2]) Borišpolski, Dissert. St. Petersburg. 1896.

[3]) Lussana und Lemoigne, Arch. de Physiol. 1877.

[4]) Fr. Franck, Rech. graphiques etc. Travaux du labor. de M. Marey. 1878–1879.

[5]) Eckhard, Allg. Zeitschr. f. Psych. 1874.

[6]) Orschanski, Arch. f. Anatomie u. Physiol. 1883. — Die elektrische Erregbarkeit des Gehirns und die Anämie. 1883.

dies durch Magnan nachgewiesen ist und später von Danillo und Todorski in meinem Laboratorium bestätigt wurde.

Auch das Nikotin in reiner Form und beim Tabakrauchen bewirkt eine Erhöhung der Erregbarkeit der Gehirnrinde und der darunter liegenden Marksubstanz, wie die Untersuchungen von Schtscherbak gezeigt haben.[1])

Die die Erregbarkeit der Gehirnrinde steigernde Wirkung des Alkohols endlich bezeugen die in meinem Laboratorium gewonnenen Befunde von Prof. Žukovski.[2])

Es verdient auch Erwähnung, daß die wiederholte Einführung von Phosphor bei jungen Tieren, zufolge den Beobachtungen von Tarchanov die Erregbarkeit der Rindencentra steigert und die Entwicklung beschleunigt. Tarchanov fand ferner, daß die Hyperämie, welche man durch wiederholtes Aufhängen mit dem Kopf nach unten erzeugt, eine analoge Wirkung auf junge Tiere hat.

Im Gegensatz zu der Abkühlung und Anämie wirkt die Erwärmung und Hyperämie des Gehirns in der Regel im Sinne einer Erhöhung der Erregbarkeit der Rindencentra. Von der die Erregbarkeit der Rinde steigernden Wirkung der Wärme habe ich mich bei meinen Untersuchungen mehrfach überzeugen können. Was die Hyperämie betrifft, so wurde ihre erregende Wirkung auf die Rindencentra durch Borišpolski in meinem und durch Spanbock in Lukjanov's Laboratorium nachgewiesen. Borišpolski beobachtete eine hochgradige Steigerung der Erregbarkeit der Gehirnrinde unter dem Einfluß von Rotationsbewegungen der Versuchstiere mit peripheriewärts gerichtetem Kopf. Spanbock verschloß mit einer Art Aortenkatheter den absteigenden Teil des Aortenbogens, wodurch es naturgemäß zur Anämie des Gehirns kam; dabei fand man die Erregbarkeit der Gehirnrinde stets merklich erhöht.

Spanbock verallgemeinert auf Grundlage seiner Untersuchungsbefunde die Wirkung aller Agentien auf die Erregbarkeit der Gehirnrinde; er führt diese Wirkung auf das Sinken oder Ansteigen des Blutdruckes zurück. Im ersten Fall kommt es, wie wir sahen, nach seinen Versuchen stets zu einem Herabgehen der Rindenerregbarkeit, im zweiten Fall steigt die Erregbarkeit der Gehirnrinde. Diese Erklärung trifft jedoch nur zu für die Wirkung jener Mittel, welche auf den allgemeinen Blutdruck einen Einfluß ausüben, während sie gar nicht in Betracht kommt für Agentien, welche, wie Abkühlung, Erwärmung, chemische und mechanische Reizmittel, direkt auf die Gehirnrinde wirken. Hier ist die Vorbedingung des einen oder anderen Zustandes der Erregbarkeit der Gehirnrinde zu suchen in dem größeren oder geringeren Blutzufluß zu den Rindencentren in Abhängigkeit von der Lichtung der Blutgefäße.

Da andererseits das Ansteigen und das Sinken des Blutdruckes schließlich ebenfalls die Lichtung der Rindengefäße beeinflussen muß, so darf man mit vollem Rechte annehmen, daß die Erregbarkeit der Rindencentra im allgemeinen von dem Zustande der Rindenzirkulation

---

[1]) A. Z. Schtscherbak, Über den Einfluß des Nikotins auf die Nervencentra. Vrač 1887, Nr. 9.

[2]) Žukovski, Obosrên. psihiatr. 1897.

abhängt. Die aktive Blutfluxion zur Gehirnrinde und somit die erhöhte Ernährung der Nervenzellen der Rinde muß eo ipso zu einem Ansteigen der Rindenerregbarkeit führen, während die Anämie der Gehirnrinde bezw. jede Verengerung der Lichtung der Rindengefäße unter Herabsetzung der Ernährung der Rindenzellen ein Herabgehen der Rindenerregbarkeit zur Folge haben wird.

Auf gewissen Lichtungsschwankungen der Gehirngefäße beruht offenbar auch ein Zustand, welchen ich bei den in meinen Experimenten operierten Tieren oft beobachtete und welcher darin besteht, daß bei ruhigerem Verhalten des Versuchstieres die Erregbarkeit der Rinde stets ein wenig herabgeht, manchmal um 0,8—1,0 cm Rollenabstand, während sie bei unruhigem Verhalten der Versuchstiere eine merkliche Steigerung aufweist.

Demnach ist die Steigerung oder Herabsetzung der Blutzirkulation in der Gehirnrinde jenes wesentliche Moment, welches den Grad der Erregbarkeit der Rindencentra bestimmt.

Es unterliegt indessen keinem Zweifel, daß die Erregbarkeit der Gehirnrinde nicht von dem Zustande der Rindenzirkulation allein abhängt, sondern auch durch chemische Vorgänge in den Rindenzellen bedingt wird. Zum mindesten deutet darauf die Tatsache, daß die Veränderungen der Rindenerregbarkeit bei der Einwirkung gewisser Gifte, wie z. B. des Alkohols, zufolge der Untersuchungsbefunde meines Laboratoriums[1]) keineswegs mit den Veränderungen der (nach der Methode von Hürthle bestimmten) Lichtung der Gehirngefäße parallel geht, sondern bis zu einem gewissen Grade von den Lichtungsveränderungen unabhängig bezw. diesen sogar entgegengesetzt sind in dem Sinne, daß die Erregbarkeit der Rinde, wenn eine Verengerung der Lichtung der Hirngefäße zu erwarten ist, erhöht gefunden wird, offenbar infolge unmittelbarer Veränderungen der Ernährung der Rindenzellen unter dem Einflusse einer bestimmten Blutzusammensetzung.

Zu den Agentien, welche die Rindencentra direkt erregen, gehören bekanntlich die Elektrizität, die mechanischen und chemischen Einflüsse.

Was die elektrische Reizung betrifft, so ist bezüglich ihres Einflusses bekannt, daß die wiederholte Reizung mit schwachen oder mäßig starken Strömen die Erregbarkeit der motorischen Centra erhöht; starke und anhaltende Reizung der Rindencentra wirkt namentlich vor dem Auftreten epileptischer Anfälle, umgekehrt im Sinne einer Lähmung oder Herabsetzung der Erregbarkeit der Rindencentra. Es ist eine bekannte Tatsache, daß die epileptischen Anfälle, welche man durch elektrische Reizung der Rinde erzeugt, die Erregbarkeit der Gehirnrinde vorübergehend in mehr oder weniger auffallendem Grade herabsetzen.

Mit dieser Wirkungsweise des elektrischen Stromes auf die Rindenerregbarkeit steht es wahrscheinlich im Zusammenhange, daß die Grenze der Erregbarkeit in dem Falle, wenn wir behufs Bestimmung des Erregbarkeitsgrades der Rindencentra von schwächeren zu stärkeren Strömen übergehen, bei einer größeren Stromstärke gefunden wird, als in dem Fall, wenn wir behufs Feststellung der Rindenerregbarkeit den unge-

[1]) Žukovski, Obosrěn. psihiatr. 1898, S. 857.

kehrten Weg einschlagen, also von stärkeren Strömen zu schwächeren herabsteigen.

Was die Wirksamkeit mechanischer Agentien betrifft, so ziehen wiederholte Reizungen mit solchen Mitteln anscheinend eine Erhöhung der Rindenerregbarkeit nach sich.

Ebenso üben viele chemische Stoffe im Falle ihrer direkten Einwirkung auf die Gehirnrinde, wie Chlornatrium, Jodtinktur, Kreatin, Kreatinin, phosphorsaures Kalium und einige andere Bestandteile des Harns einen mehr oder weniger auffallenden erregenden Einfluß auf die Rindencentra, ein Punkt, auf welchen bereits früher aufmerksam gemacht wurde.

c) Die Wirkung pathologischer Prozesse auf die Rindenerregbarkeit.

Auch gewisse pathologische Vorgänge irritativen Charakters, wie z. B. Neubildungen, entzündliche Herde, Narbenkontraktion usw. üben einen steigernden Einfluß auf die Erregbarkeit der Gehirnrinde aus und können selbst zur Ausbildung von epileptischen Krampfanfällen führen. Dazu stimmt die Beobachtung, daß künstlich erzeugte Läsionen des Gehirngewebes in manchen Fällen ebenfalls zur Entwicklung epileptischer Anfälle führen.

In besonders auffallender Weise wird die Erregbarkeit der Gehirnrinde nach meinen Beobachtungen erhöht durch entzündliche Zustände im Bereiche der Rinde.

In meinen an Affen ausgeführten Versuchen[1]) konnte ich feststellen, daß die Abtragung irgend eines der Rindencentra eine mehr oder weniger hochgradige Reizung der Erregbarkeit der Rindencentra in der Umgebung der Wunde hinterläßt. In der Phase gesteigerter Erregbarkeit der Rindencentra tritt dabei ihre Erregbarkeit unter dem Einflusse verschiedener mechanischer Faktoren deutlich hervor. Es stellte sich bei diesen Versuchen zugleich heraus, daß in der Nachbarschaft des abgetragenen Centrums an den Wundrändern schon in den nächsten Tagen erregbare Stellen auftauchen können, deren Reizung Bewegungen ergibt, welche dem vorher abgetragenen Centrum entsprechen. Mit anderen Worten, es kommt in der Umgebung der Wunde in solchen Fällen gewissermaßen zu einer vorübergehenden Neubildung motorischer Centra an Stelle der durch Abtragung ausgeschalteten.

Diese Erscheinungen sind von großer Bedeutung nicht nur bezüglich des Einflusses der einen Centra auf andere, sondern auch mit Beziehung auf die Frage nach der Möglichkeit eines Ersatzes verloren gegangener Centra durch Eintritt benachbarter Rindenpartien, sowie hinsichtlich der Frage nach dem Einflusse pathologischer Entzündungsherde überhaupt auf die Erregbarkeit der benachbarten Rindenpartien.

Mit Rücksicht auf alle diese Verhältnisse habe ich eine eingehende Bearbeitung des Gegenstandes veranlaßt und kann als Ergebnis der hierbezüglichen in meinem Laboratorium angestellten Spezialversuche (an Hunden)[2]) folgende Untersuchungsbefunde namhaft machen:

---

[1]) W. Bechterew, Über den Einfluß der traumatischen Entzündung der Gehirnrinde auf ihre Erregbarkeit. Nevrolog. Vêstn. 1897. Bd. 2, H. 4.

[2]) N. A. Žukov, Inaug.-Dissert. St. Petersburg 1895.

In Bestätigung dessen, was von mir bezüglich des Gehirns der Affen bereits nachgewiesen war, ergab sich aus diesen Versuchen (Fig. 260, 261), daß auch beim Hunde die Abtragung einzelner Centra der Gehirnoberfläche einen großen Einfluß sowohl auf die zurückbleibenden Rindencentra ausübt, als auch auf jene Felder der motorischen Zone der Gehirnrinde, welche unter gewöhnlichen Verhältnissen unerregbar gefunden werden.

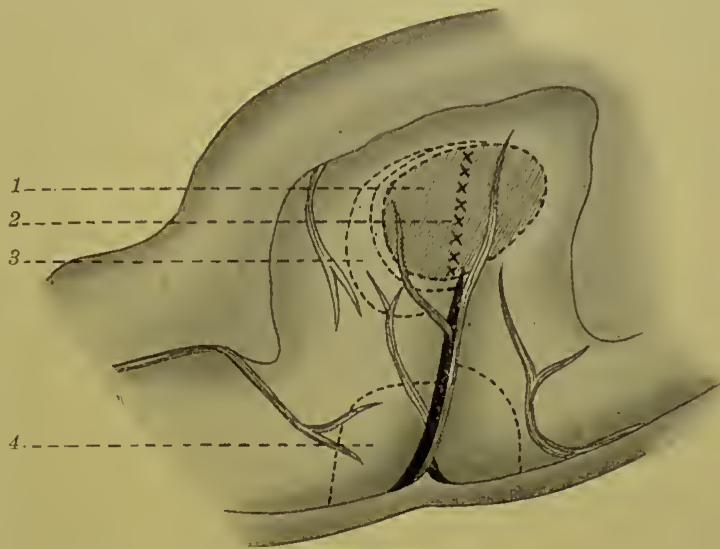


Fig. 260.

Halbschematische vergrößerte Darstellung des Gyrus sigmoideus des Hundegehirns.

1 Gebiet des exstirpierten Centrums der vorderen Extremität; *2* Schnittlinie der Pia mater; *3* Gegend des neugebildeten motorischen Bezirkes; *4* Gegend des Centrums der hinteren Extremität.

In Hinsicht auf die letzteren Gebiete äußert sich dieser Einfluß darin, daß schon sehr bald nach der (durch den scharfen Löffel oder mittels des Wasserstrahles) bewirkten Abtragung eines motorischen Centrums, dessen Grenzen man vorher mit Hilfe des elektrischen Stromes bestimmte, eine Erregbarkeit in solchen kortikalen Nachbargebieten gefunden werden kann, welche vorher gegenüber dem Strom sich unerregbar verhielten.

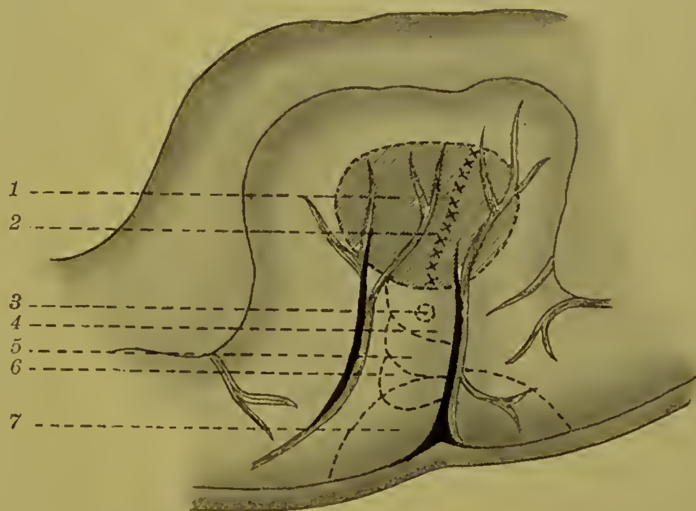


Fig. 261.

Halbschematische vergrößerte Darstellung des Gyrus sigmoideus des Hundegehirns.

3 Stelle des ersten Auftretens des neugebildeten motorischen Bezirkes; *4, 5, 6* weitere Ausbreitung dieses Bezirkes; *7* Gegend des Centrums der hinteren Extremität. — Übrige Bezeichnungen wie in Figur 260.

So verhielt es sich zum mindesten in der Mehrzahl der Versuche. Warum in einigen Fällen diese Erscheinung nicht nachweisbar ist, mit anderen Worten, welche Bedingungen ihr Zustandekommen begünstigen, welche es verhindern, war bisher nicht zu entscheiden. Man kann nur sagen, daß in jenen Fällen, wenn man die Rinde mit einem Mal in größerer Ausdehnung abtrug, als dies den Dimensionen des betreffenden Centrums

entspricht, oder wenn man nicht das ganze Centrum, sondern nur einen kleinen Teil davon entfernte, jene scheinbare Neubildung von Rindencentren nicht zu Stande kam.

Wenn man das so „neugebildete“ Stück Gehirnrinde abträgt, dann kann an dem Rande der neuen Wunde wiederum ein motorisches Feld auftreten, welches die gleichen Bewegungseffekte liefert, wie das abgetragene. Manchmal geschieht dies auch nach der zweiten Entfernung des neugebildeten Bewegungscentrums, doch kann das neuentstandene motorische Feld sogar innerhalb der Grenzen eines benachbarten Rindencentrums zu liegen kommen.

Die Zeit, innerhalb welcher das ursprüngliche Auftauchen neuer Rindenfelder stattfindet, schwankt in der Mehrzahl der Fälle zwischen 12 und 24 Stunden, gerechnet von dem Zeitpunkte der Operation. Diese nach der Entfernung eines der Rindencentra neuentstandenen erregbaren Felder sind jedoch keine dauernden Bildungen. Unter gewöhnlichen Verhältnissen können sie während der nächsten 1—10 Tage nach dem Eingriff als vorhanden erkannt werden.

Die motorischen Wirkungen, welche man durch Reizung dieser sozusagen neugebildeten Felder erzielt, erweisen sich als identisch mit den motorischen Wirkungen des abgetragenen Centrums; mit anderen Worten, bei der Reizung des neu entstandenen erregbaren Bezirkes der Gehirnoberfläche erhalten wir die gleiche Bewegung, welche man von dem nunmehr abgetragenen Centrum durch Reizung erzielen konnte. Zuweilen aber fällt der neue Punkt in den Bereich eines Nachbarcentrums. Dann ergibt die Reizung des letzteren nicht mehr die früher erzielbar gewesene Wirkung, sondern regt aus der früher erzielten Bewegung gleichzeitig auch die dem abgetragenen Centrum zukommenden Bewegungen an. Mit anderen Worten, man erhält von dem Nachbarcentrum aus jetzt nicht eine einfache, sondern eine zusammengesetzte motorische Wirkung, bestehend aus der früheren Bewegung und den neuen, vorher von dem abgetragenen Centrum erzielbar gewesenen Bewegung.

Anfangs stellen sich die neu entstandenen Rindenfelder in der Regel als punktförmige Flächen dar, wobei man in seltenen Fällen am Rande der Operationswunde das gleichzeitige Auftreten zweier neuentstandener erregbarer Punkte bemerken kann. In seltenen Fällen tritt das neue Centrum schon von Anfang an in Gestalt eines kleinen Feldes auf, dessen Dimensionen jedoch nicht die Größe des abgetragenen Centrums übertreffen.

In der Folgezeit bleiben die Dimensionen der neu entstandenen Felder entweder wesentlich unverändert oder sie verändern sich nach der einen oder anderen Richtung. Gewöhnlich werden die Felder in der nächsten Zeit nach der Operation allmählich größer, bis eine gewisse Grenze erreicht ist, und erfahren dann wieder eine Reduktion ihrer Größe. Dabei erfolgt die Flächenausdehnung des neu entstandenen Rindenbezirkes zumeist in der Richtung irgend eines vom Centrum der abgetragenen Rindenpartie ausgehenden Radius; seltener breitet es sich am Wundrande entlang weiter aus.

Diese Ausbreitung des neugebildeten erregbaren Rindenbezirkes geht in manchen Fällen so weit, daß ein Zusammenfließen mit einem Nachbarcentrum erfolgt; dann wird der Raum zwischen dem abgetragenen

Bezirk und dem Nachbarcentrum von dem neuentstandenen erregbaren Rindenfelde okkupiert.

Was den Grad der Erregbarkeit der neu entstehenden erregbaren Rindenfelder betrifft, so ist sie anfänglich erheblich schwächer, als die Erregbarkeit des entfernten Centrums. Im Laufe der Zeit nimmt diese Erregbarkeit allmählich zu, doch sinkt sie nach und nach auf Null herab, bis das neugebildete motorische Rindenfeld allmählich verschwindet.

Zu bemerken ist dabei, daß die neugebildeten erregbaren Territorien in der Regel eine mehr oder weniger hochgradige Ermüdbarkeit aufweisen, so daß schon die wiederholte Reizung eines derartigen Centrums zu einer vorübergehenden Abschwächung bezw. zu einem Schwunde seiner Erregbarkeit führt.

Selbst Läsionen, welche die motorische Zone der kontralateralen Hemisphäre betreffen, bleiben nicht ohne Einfluß auf die Erregbarkeit des neu entstandenen motorischen Feldes und zwar wirken sie auf dasselbe im Sinne der Hemmung.

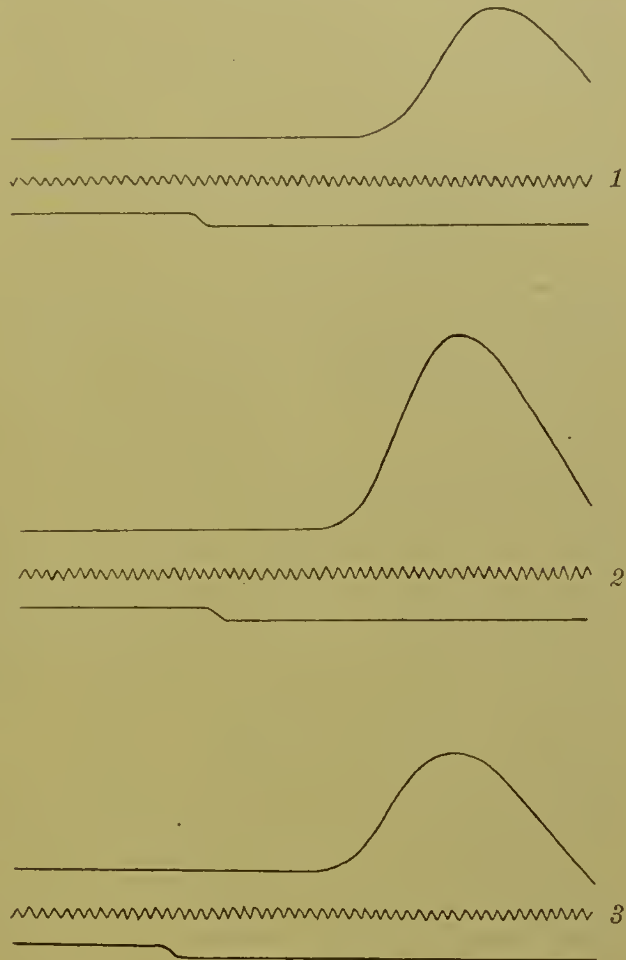


Fig. 262.

Curven der Schwankungen der Latenzperiode der Erregung des neugebildeten motorischen Bezirkes in Abhängigkeit von dem Zustande der Erregbarkeit desselben.

1 Latenzperiode des neugebildeten Centrums im Beginne seiner Ausbildung; *2* in der Periode seiner maximalen Erregbarkeit; *3* in der Periode des Herabgehens seiner Erregbarkeit.

Dazu kommt, daß die Latenzperiode der Erreg barkeit neugebildeter Rindenbezirke im Beginn relativ lang ist, aber im Laufe der Zeit und im Maße ihrer wachsenden Erregung sich merklich verkürzt, wenn sie auch in der Regel nicht das Maß der Latenzperiode des abgetragenen Dauercentrums erreicht.

Mit der Zeit wird die Latenzperiode des neugebildeten Rindenfeldes im Maße der Abnahme seiner Erregbarkeit wiederum länger.

Was die Erregbarkeit der von der Läsion verschont gebliebenen motorischen Centra betrifft, so bleibt auch sie, wie schon bemerkt wurde, von dem Einflusse der Abtragung eines der kortikalen Centra nicht unberührt.

In den Versuchen an Affen, von denen vorhin die Rede war, bewirkte die Abtragung des einen oder anderen Rindencentrums konstant

ein mehr oder weniger hochgradiges Ansteigen der Erregbarkeit in der Umgebung der Wunde, nicht selten mit Ausgang in lebhafte mechanische Erregung der Gehirnrinde. Dabei erfährt die Latenzperiode der Erregbarkeit in den Nachbarcentren im Maße des Ansteigens der Erregbarkeit gewöhnlich eine Verkürzung.

Diese Erscheinungen, in einem Zeitraum von Stunden oder Tagen sich ausbildend, halten sich gewöhnlich darin 6—10 Tage, worauf die Erregbarkeit der Rindencentra allmählich auf das frühere Maß herabsinkt. Schreitet man nun zur Abtragung einer neuen Rindenstelle, dann kommt es wieder zu einem Ansteigen der Erregbarkeit der nachbarlichen Rindencentra, begleitet von einer noch größeren Verkürzung der Latenzperiode; dieses Ansteigen der Erregbarkeit dauert eine Zeit lang und läßt dann wieder nach.

Bei näherer Untersuchung erkennt man in solchen Fällen, daß Zerstörungen im Bereiche der motorischen Zone der Gehirnrinde eine Erhöhung der Erregbarkeit sowohl der Centra der entsprechenden Seite, als auch der Centra der entgegengesezten Seite nach sich ziehen.

Aus allen diesen Beobachtungen geht nun hervor, daß pathologische Prozesse entzündlichen Charakters einen Zustand anhaltender Erregbarkeitserhöhung der Gehirnrinde erzeugen und zwar nicht nur in den Nachbargebieten, sondern sogar in den entsprechenden Centren der anderen Hemisphären. Mit der Zeit wird diese Erregbarkeitserhöhung zwar schwächer und hört schließlich sogar ganz auf; man darf aber nicht vergessen, daß der traumatische Prozeß an und für sich cyklisch verläuft und daß jede Wundreizung mit der Zeit aufhört. Es erscheint dann natürlich, daß auch die Folgeerscheinungen der Wundreizung, d. h. die erhöhte Erregbarkeit der Rindencentra, im Verlaufe der Zeit zurücktreten müssen.

Ganz andere Verhältnisse können in pathologischen Fällen bestehen, wenn der Reizzustand durch irgend einen stationären Krankheitsprozeß dauernd unterhalten wird.

Natürlich wird auch die erhöhte Erregbarkeit der Rindencentra in solchen Fällen so lange fortbestehen, als der pathologische Prozeß seine Reizwirkung ausübt. Daraus wird es verständlich, daß in Fällen von Herdaffektionen im Bereiche der motorischen Zone der Gehirnrinde oder in der Nachbarschaft derselben die Erregbarkeit der Rindencentra mehr oder weniger erhöht sein muß, weshalb schon geringfügige Anlässe (vielleicht schon Veränderungen der Blutzirkulation) hinreichen, um in solchen Fällen einen epileptischen Anfall auszulösen. Weil dabei der Grad der Erhöhung der Rindenerregbarkeit ein verschiedener sein kann nnd weil diese Erhöhung am lebhaftesten in der Nachbarschaft des pathologischen Herdes, am schwächsten im Bereiche der anderen Hemisphären sein muß, so kommt es in diesem Fall zu einer gesetzmäßigen Ausbildung von Krämpfen, welche am frühesten in den Gliedmaßen auftreten, welche dem dem pathologischen Herd zunächst liegenden Centrum entsprechen; worauf die Krämpfe auf andere Centra der gleichen Hemisphäre übergehen; und erst wenn die eine Körperhälfte von den Krämpfen ergriffen ist, erscheinen solche im Bereiche der anderen Körperhälfte.

Andererseits geht aus den vorhin dargelegten Experimentalbefunden mit Sicherheit hervor, daß die Grenzen der motorischen Centra der

Gehirnrinde, welche wir mit Hilfe des faradischen Stromes bestimmen, sich nicht als konstant darstellen.

Wir haben bereits eingesehen, daß die Grenzen der motorischen Centra im Falle erhöhter Erregbarkeit der Gehirnrinde wesentlich sich ausdehnen, während sie bei herabgesetzter Rindenerregung eine Einengung erkennen lassen. Man muß also schon auf diesen Befund hin annehmen, daß die sogenannten unerregbaren Stellen der Gehirnrinde in Wirklichkeit nur unter den obwaltenden Umständen unerregbar sind, unter anderen Verhältnissen aber als erregbar sich darstellen können.

Offenbar sind also diese Rindenterritorien im Besitze einer Art latenter Erregung, welche nur unter ganz bestimmten günstigen Umständen hervortritt. Darauf beruht es auch, daß im Falle erhöhter Erregung der sog. motorischen Zone der Gehirnrinde infolge von Abtragung eines der Centra, man im Laufe der Zeit in der Umgebung der Wunde von früher unerregbar gewesenen Stellen aus Gliedmaßenbewegungen anregen kann, welche dem jeweils abgetragenen Centrum entsprechen, und zwar Bewegungen, welche so lange erzielbar sind, als die erhöhte Rindenerregbarkeit andauert.

Da solche gewissermaßen neugebildete Centra sogar in die Region benachbarter Centra hineinragen können, so können die intermediären Felder zwischen den einzelnen Rindencentren der motorischen Region offenbar nicht als inaktiv in funktioneller Hinsicht betrachtet werden. Sie besitzen unzweifelhaft ebenfalls eine bestimmte physiologische Bedeutung gleich den erregbaren Punkten, und wir haben uns demgemäß das sogenannte motorische Rindenfeld vorzustellen nicht als zusammengesetzt aus einzelnen motorischen Centren, sondern als ein einheitliches durchweg motorisches Feld, innerhalb dessen nur einzelne Stellen mehr, andere weniger erregbar sind. An den Stellen der zuletztgenannten Art tritt eine Erregbarkeit bei der Einwirkung schwacher Ströme gewöhnlich gar nicht hervor, sondern ist nur im Falle erhöhter Erregbarkeit der Gehirnrinde als vorhanden zu erkennen und offenbar auch bei der Einwirkung stärkeren Stromes, wenn bereits allgemeine Krämpfe auftreten und von differenzierten Bewegungen nicht mehr die Rede sein kann.

Bemerkt sei zum Schluß, daß die Feststellung aller dieser Tatsachen, wie wir in der Folge noch sehen werden, für das Verständnis der Wirkungen von Läsionen der sog. motorischen Rindenzone von größter Bedeutung ist. Sie kommen auch wesentlich in Betracht für die Vorgänge der Wiederherstellung der motorischen Verrichtungen, welche durch den Ausfall eines Teiles oder selbst der ganzen motorischen Rindenzone alteriert werden.

9. Das gegenseitige Verhältnis zwischen Erregungs- und Hemmungsvorgängen in den Rindencentren.

Im Anschluß an die Verhältnisse der Erregbarkeit der Gehirnrinde sind hier nun die Erscheinungen der physiologischen Hemmung der Rindencentra zu betrachten.

Erscheinungen von Hemmung im Bereiche der Gehirnrinde sind zum ersten Mal durch die Untersuchungen von Bubnoff und Heidenhain näher bekannt geworden.[1])

Sie untersuchten die Unterschiede der Wirkung von Reizungen der Gehirnrinde und der subkortikalen Substanz, sowie das Verhalten der Latenzperiode in beiden Fällen, und zwar bedienten sie sich mit Morphium narkotisierter Hunde zu diesen Untersuchungen.

Es stellte sich dabei heraus, daß bei einer gewissen Tiefe der Morphiumnarkose einige Muskeln leicht dem Zustande der Kontraktur anheimfielen, namentlich solche Muskeln, deren Centra man der Reizung unterwarf. Sobald man aber die Centra dieser Muskeln mit schwachen Strömen behandelte, ließen die Kontrakturen sofort nach.

Im Hinblick auf dieses Ergebnis glaubten Bubnoff und Heidenhain annehmen zu sollen, daß die Tätigkeit eines Centrums eine Hemmung erfährt, wenn in der Phase seiner Erregung ein neuer Reiz hinzutritt; umgekehrt werde ein Centrum aktiv tätig, sobald in der Ruhephase eine Reizung einwirkt.

Ebenso üben verschiedene Außenwirkungen einen mehr oder weniger hochgradigen Einfluß auf die Erregbarkeit der Rindencentra.

Die Befunde von Bubnoff und Heidenhain erregten wegen ihres allgemeinen Interesses, besonders bezüglich der Frage nach dem Einflusse schwacher Reize auf die Nervencentra, ursprünglich ein bedeutendes Aufsehen und zwar um so mehr, als die mitgeteilten Tatsachen auch von anderer Seite als zutreffend bestätigt wurden.

Unter anderem hat Fr. Franck erkannt, daß man nach dem Streicheln der Haut über den Muskeln, deren Centra in der Rinde gereizt werden, bereits geringerer Stromstärken bedarf, um eine gleiche Wirkung zu erzielen; während heftige mechanische Reizung gerade umgekehrt die Rindenerregung hemmt.

Es kommt aber zugleich in Betracht, daß die Erregbarkeit der einzelnen Rindencentra in gewissen Beziehungen zu der Erregungshemmung anderer Rindencentra steht.

Wir gedachten schon an einer früheren Stelle der Beobachtung von Wwedenski, dahingehend, daß die Reizung eines Rindencentrums auf der einen Seite ein Herabgehen der Erregbarkeit des korrespondierenden Centrums der anderen Seite und eine Steigerung der Erregbarkeit seines Antagonisten bewirkt.

Erwähnung fanden auch schon die Befunde von Sherrington, sowie diejenigen von Gerver (aus meinem Laboratorium), wonach die Reizung des kortikalen Augencentrums neben Kontraktionen des M. rectus lateralis der kontralateralen Seite eine Hemmung des gleichen Muskels der gereizten Seite nach sich zieht.

Ferner wurde an entsprechender Stelle darauf hingewiesen, daß es nach den Ermittelungen von Mislavski bei der Reizung des Rindencentrums für die Extensoren zu einer Erschlaffung der Flexoren kommt. Nach der Meinung Mislavski's fällt eine wesentliche Rolle in diesem Fall dem Muskeltonus zu, welcher nicht allein durch periphere, sondern auch durch centrale Faktoren bedingt werde. Er glaubt annehmen

[1]) Bubnoff und Heidenhain, Über Erregungs- und Hemmungsvorgänge innerhalb der motorischen Hirncentra. Pflügers Archiv. Bd. 26.

zu sollen, daß das Gehirn den Tonus sowohl der in Kontraktion begriffenen, als auch der in Ruhe befindlichen Muskeln regele; der Grad der Tonusspannung der Flexoren hänge dabei ab von der Kontraktionsstärke der antagonistisch wirksamen Extensoren.[1])

Stellt man diese Beobachtung Mislavski's den vorerwähnten Befunden anderer Autoren an die Seite, so muß man, wie mir scheint, zu dem Satze gelangen, daß die Erregung jedes motorischen Centrums in der Hirnrinde sich vollzieht unter Erhöhung der Erregbarkeit des gereizten Centrums, bei gleichzeitig herabgesetzter Erregbarkeit oder Hemmung des Centrums der Antagonisten im Bereiche derselben Hemisphären und genau entgegengesetzten Erscheinungen an den analogen Centren der anderen Hemisphären, d. h. Erregbarkeitsherabsetzung des entsprechenden Centrums auf der anderen Seite und Erregungssteigerung seines Antagonistencentrums.

Was die Latenzperiode der Erregung betrifft, so bleibt auch sie in allen soeben namhaft gemachten Fällen nicht unverändert.

Es kann auf Grund der in dieser Beziehung vorhandenen Beobachtungen als allgemeine Regel gelten, daß in allen Fällen, wo eine erhöhte Erregbarkeit der Gehirnrinde vorhanden ist, eine Verkürzung der Latenzperiode der Erregbarkeit auftritt, und umgekehrt werden Zustände von Hemmung der Rindenerregbarkeit stets von einer Verlängerung der Latenzperiode der Erregbarkeit begleitet.

Dazu kommen meine Beobachtungen über die räumlichen bezw. Dimensionsveränderungen der einzelnen Centra, welche gleichzeitig mit den Veränderungen der Erregbarkeit der Gehirnrinde von statten gehen.

Wir wissen bereits, daß die motorischen Rindencentra nicht punktförmig sind, sondern durch Zwischenräume von einander getrennte kleine Flächen darstellen, deren Grenzen selbst durch die Reizung mit Strömen von minimaler Stärke, welche hinreichen, um die Rindencentra in Erregung zu versetzen, mehr oder weniger genau bestimmbar sind.

Diese Felder erfahren jedesmal eine Erweiterung und die Zwischenräume zwischen ihnen eine Verschmälerung, wann die Erregbarkeit der Gehirnrinde ansteigt, und umgekehrt tritt im Falle der Hemmung der Rindenerregbarkeit eine Verminderung ihrer Dimensionen bis zur Punktgröße ein und gleichzeitig erweitern sich die freien Räume zwischen ihnen.

10. Die topographische Gliederung der kortikalen Hauptcentra.

Wenn es sich um eine detaillierte Darstellung der Funktionen der Gehirnrinde hinsichtlich ihrer einzelnen Territorien handelt, zu welcher ich nunmehr übergehe, so wird man zunächst davon ausgehen, daß die Gehirnrinde, entsprechend der Fünfzahl der perzeptorischen Hauptsinneswerkzeuge sich im Besitze von fünf Regionen, Territorien oder Feldern befindet, welche im Sinne ihrer Bestimmung benannt werden können als

---

[1]) N. A. Mislavski, Zur Lehre von der Innervation der willkürlichen Bewegungen. Verhdl. der Neuropatholog. Gesellsch. zu Kasan, 8. März 1898. Obošrên. psihiatr. 1898, S. 388—389.

1. Sehfeld,
2. Gehörfeld,
3. Riechfeld,
4. Geschmackfeld,
5. Tastmuskelfeld.

Jedes dieser Felder oder Gebiete ist, wie schon gesagt, als Ausgangspunkt motorischer Impulse wirksam, welche durch entsprechende Perzeptionen angeregt werden. Die betreffenden Bewegungen vollziehen sich zum Teil direkt unter dem Einflusse von Außenreizen, auf Grund motorischer Centra mit besonderen centrifugalen Leitungen, welche in den gleichen Rindenterritorien in der Nachbarschaft der Perzeptionscentra gelegen sind, zum anderen Teil auf Umwegen, unter Überwindung einer komplizierten psychischen Arbeitsleistung und unter Inanspruchnahme entlegener motorischer Centra.

Wir haben es also in den soeben namhaft gemachten Territorien der Gehirnrinde zu tun nicht eigentlich mit Gebieten reiner Sinnesperzeptionen, sondern zugleich auch mit Gebieten der Bewegungstätigkeit. Mit anderen Worten, es handelt sich hier um sensitiv-motorische Gebiete.

Stärker zu betonen ist hier auch der Umstand, daß viele der vorhin namentlich aufgeführten Rindengebiete, wie die experimentelle Erfahrung bezeugt, in ihren einzelnen Teilen nicht als funktionell homogen sich darstellen.

Ich erinnere daran, daß in der Rinde der Hemisphären vor allen Dingen Vorgänge der Sinnesperzeptionen sich vollziehen, welche bestimmte Bewegungen anregen, die in unmittelbarer Abhängigkeit und unter der Kontrolle derselben ihre Verwirklichung finden.

Diese Sinnesperzeptionen unterliegen im Gebiete der Rinde einer spezifischen Verarbeitung und infolge ihrer Assoziation mit motorischen Impulsen hinterlassen sie bestimmte Sachabdrücke oder Bilder, welche in der subjektiven Psychologie als Vorstellungen bekannt sind.

Damit sich diese Sachabdrücke in der Rinde ausbilden, genügt es nicht, daß entsprechende Reize, welche zu Perzeptionen führen, auf die Sinneswerkzeuge (Sehen, Hören, Tasten, Schmecken, Riechen) zur Wirkung gelangen, sondern es ist notwendig, daß die Gegenstände, welche diese Reize erzeugen, gesehen, getastet, geschmeckt, gerochen, und wenn sie einen Ton von sich geben, daß dieser Ton gehört werde. Alle diese Vorgänge des Sehens, Schmeckens, Tastens, Riechens, Hörens setzen bekannte entsprechende Bewegungen voraus, welche streng den entsprechenden Reizen angemessen und koordiniert sein müssen, und das Endresultat davon ist, daß es in der Gehirnrinde zur Ablagerung entsprechender Sachabdrücke kommt.

Die Erfahrung spricht dafür, daß die Gebiete der Sinnesperzeptionen und die Gebiete der Ausbildung und Ablagerung der durch Assoziation mit motorischen Impulsen zu Sachabdrücken umgearbeiteten Perzeptionsprodukte im Bereiche des Seh-, Tast-, Hör- und Riechfeldes der Gehirnrinde getrennte Territorien einnehmen.

Was das Geschmacksorgan betrifft, so vollzieht sich hier die Ausbildung der Sachabdrücke, entsprechend der Natur dieses Sinneswerkzeuges, nicht durch Assoziation einer bloßen Geschmacksperzeption mit motorischen Impulsen, sondern auf Grund einer gleichzeitigen Assoziation

einer adaequaten Tastmuskelperzeption mit motorischen Impulsen. Daher muß das Territorium der Ablagerung von gestativen Sachabdrücken offenbar mit der Aufbewahrungsstätte der Tastmuskelabdrücke für Zunge und Lippen zusammenfallen.

Jene Gebiete der Gehirnrinde, welche von den genannten Feldern freigelassen werden, stehen im Dienste zusammengesetzterer neuro-psychischer Prozesse, bestehend in der Assoziation der Sachabdrücke untereinander behufs Erzeugung allgemeinerer Abdrücke und zum Zwecke der Herstellung von Beziehungen zwischen diesen letzteren und den Sinnesabdrücken und motorischen Impulsen, welche in den entsprechenden Rindencentren auftauchen.

11. Untersuchungsmethoden.

Die spezielle Funktionslehre der Rindencentren bedient sich zu ihren Zwecken der gleichen Grundmethoden wie die Erforschung der Funktionen im Bereiche des ganzen übrigen Centralnervensystems. Es sind dies

1. Die Methode der Elimination und
2. die Methode der Irritation.

Als grundlegend anzusehen ist unter allen Umständen die Methode der Ausschaltung der zu untersuchenden Teile. Denn es kann keinem Zweifel unterliegen, daß der Nachweis des Vorhandenseins eines Centrums dann als in vollem Umfange erbracht anzusehen ist, wenn festgestellt werden kann, daß die Ausschaltung der betreffenden Rindenpartie zur Vernichtung einer bestimmten Funktion führt. Nichtsdestoweniger schließt das Fehlen dieser Bedingung nicht die Möglichkeit aus, daß ein wirkliches Centrum dennoch tatsächlich vorliegt. Denn die Ausschaltungsmethode liefert ungeachtet ihrer hervorragenden Bedeutung, nicht immer den vollgültigen Beweis für das Bestehen eines Centrums, und zwar aus dem Grunde nicht, weil Centra vorkommen, deren Ausfall mehr oder weniger leicht durch funktionelles Eintreten der Centra der anderen Hemisphäre und selbst der subkortikalen Centra derselben Hemisphäre eine Kompensation erfährt.

Im erstgenannten Fall liegt behufs Erzielung eines Effektes noch die Möglichkeit vor, symmetrische Teile der Hemisphären gleichzeitig auszuschalten. Im zweiten Falle aber stößt die Untersuchung der ausfallenden Centren bereits auf größere Hindernisse.

Zu bedenken ist außerdem, daß die Funktion der Rindencentra in manchen Fällen auf Verwirklichung bestimmter (z. B. assoziativer) Reflexe abzielt; ihr Ausfall muß bisweilen mittels spezieller Untersuchungsmethoden nachgewiesen werden.

In diesem Falle bedient man sich mit wesentlichem Nutzen der Reizungsmethode, welche, indem dabei das zu untersuchende Centrum in den Zustand der Erregung übergeführt wird, dessen Vorhandensein in manchen Fällen mit noch größerer Evidenz aufdeckt, als die Methode der Ausschaltung. In einzelnen Fällen, so z. B. in Beziehung auf die sogenannten motorischen Centren, liefert die Reizungsmethode, falls man natürlich sich dabei des elektrischen Stromes als Reizungsagens bedient,

die Möglichkeit einer schärferen Abgrenzung dicht beieinander gelegener und streng differenzierter Centra.

Man ersieht aus alledem, daß diese beiden Methoden hinsichtlich des Studiums der Rindencentren sich gegenseitig ergänzen. Man tut daher gut, sich nach Möglichkeit überall ihrer beider bei den Untersuchungen zu bedienen.

II.

Die Rindencentra der Haut- und Muskelsensibilität.

In Beziehung auf die Lokalisationsverhältnisse der Rindencentra für die Haut- und Muskelsensibilität bestehen noch immer recht auffallende Ungleichheiten und die Messungen der verschiedenen Forscher stehen in diesem Punkte noch vielfach in striktem Gegensatze zu einander.

1. Die vorhandenen Darstellungen betreffs der Lokalisation der Haut- und Muskelsensibilität in der Gehirnrinde.

Ferrier ist auf Grund seiner Experimente zu dem Ergebnis gekommen, daß die Zerstörung des Ammonshornes und des Gyrus hippocampi stets Hautanästhesie auf der der Läsion entgegengesetzten Seite nach sich zieht. Er schloß daraus, daß im Gyrus hippocampi und im Cornu Ammonis besondere Centra für die taktile und muskuläre Sensibilität lokalisiert sind.

Obwohl das Ergebnis dieser Versuche seiner Zeit von Munk heftig angegriffen wurde, hielt Ferrier nach einer gemeinsam mit Jeo ausgeführten neuen Versuchsreihe auch späterhin an seiner ursprünglichen Auffassung bezüglich der Lokalisation der Haut-Muskelsensibilität fest.

In seinen ersten und späteren Experimenten bediente sich Ferrier des Thermocauters, mit welchem er durch die hinteren Hemisphärenpartien zu den genannten Teilen vordrang.

Wie sich dabei herausstellte, führt die totale Zerstörung des Gyrus hippocampi und des Cornu Ammonis zu totaler taktiler und muskulärer Anästhesie, während die Zerstörung der Rinde des Gyrus hippocampi allein nur eine partielle und vorübergehende Anästhesie hervorruft. Läsionen des Gyrus dentatus führten zu vorübergehender Hyperästhesie, die Zerstörung des Cornu Ammonis allein bewirkte eine merkliche Anästhesie.

Auch in seiner Gesamtdarstellung der Lehre von den Gehirnfunktionen[1]) blieb Ferrier diesen seinen Befunden treu.

Aber auch diese Experimente sind, gleich den erstgenannten, von Munk einer scharfen Kritik unterzogen worden.

Die späteren Versuche von Schäffer und Horsley, angestellt zum Zwecke einer Nachprüfung von Ferrier's Angaben, lieferten keine

[1]) Ferrier, D. Die Funktionen des Gehirns. Deutsche Ausgabe.

positiven Resultate in Beziehung auf das Vorkommen von Sensibilitätsstörungen bei Tieren mit Läsionen des Gyrus hippocampi und des Cornu Ammonis. Nach der Meinung von FERRIER erklären sich diese negativen Ergebnisse durch die in diesen Versuchen stattgehabte unvollständige Zerstörung des Gyrus hippocampi. Daraufhin schritten HORSLEY und SCHÄFFER zu einer neuen Versuchsreihe. Dabei erhielten sie in einem von acht Versuchen eine Herabsetzung der taktilen Sensibilität, in zwei anderen eine Herabsetzung der Tast- und Schmerzsensibilität. Doch fanden diese Veränderungen der Sensibilität mit der Zeit ihre Ausgleichung.

HORSLEY und SCHÄFFER glaubten somit festgestellt zu haben, daß bei den in der angegebenen Weise operierten Tieren (Affen) zwar eine halbseitige Lähmung der Sensibilität auftritt, daß dies aber keine beständige Folgeerscheinung des Eingriffes darstellt und daß die auftretenden Störungen im allgemeinen nicht von langer Dauer sind. Wenn andererseits ein Teil des Gyrus fornicatus fortgenommen wurde, welcher anatomisch eine direkte Fortsetzung des Gyrus hippocampi darstellt und mit diesem zusammen den sogenannten Lobus limbicus von BROCA bildet, dann erschien in HORSLEY's und SCHÄFFER's Versuchen die auftretende Anästhesie lebhafter ausgesprochen und von größerer Dauer. Überhaupt erkannten HORSLEY und SCHÄFFER, daß der Gyrus fornicatus in Beziehung auf die Sensibilität eine größere Rolle spielt, als der Gyrus hippocampi.

In ihren Versuchen ergab sich also eine Erweiterung von FERRIER's Befunden in dem Sinne, daß nunmehr dem ganzen Lobus limbicus (= Gyrus hippocampi + Gyrus fornicatus) Beziehungen zu der Tast- und Schmerzsensibilität vindiziert werden.[1])

FERRIER hat sich in der Folge dieser Auffassung angeschlossen. Er glaubte erkannt zu haben, daß zwischen dem Gyrus fornicatus und den motorischen Rindenfeldern, welche andere Autoren als Perzeptionsgebiete ansprechen, assoziative Verbindungen vorhanden sind. Die im Verlaufe der Zeit eintretende Wiederherstellung der Sensibilität kann seiner Meinung nach auf die bilaterale Innervation der Sensibilität und auf eine kompensatorische Tätigkeit des Gyrus fornicatus der anderen Hemisphäre zurückgeführt werden.

In LUCIANI's noch aus dem Jahre 1884 herrührenden Versuchen konnten FERRIER's Auffassungen bezüglich des Einflusses des Cornu Ammonis und der Haut- und Muskelsensibilität nicht als zutreffend bestätigt werden.

Nach der Annahme LUCIANI's, welche er durch seine Versuchsergebnisse stützte, funktioniert das Cornu Ammonis nicht als Centrum der Haut- und Muskelsensibilität, sondern stellt sich als Mittelpunkt der umfangreichen Riechsphäre dar, welche einen großen Teil des Schläfen- und Scheitellappens okkupieren soll.

Er wird ferner eingesehen haben, daß dem Cornu Ammonis gewisse Beziehungen zu der Funktion des Hörens und Sehens zukommen.

In der nächsten Nachbarschaft des Riechcentrums befindet sich

---

[1]) HORSLEY and SCHÄFFER, A record of experiments upon the functions of the cerebral cortex.
Philosoph. transactions. 1888. V. 179.

nach der Annahme LUCIANI's auch das Centrum des Geschmackes, welches angeblich die vierte äußere Schläfenwindung und einen Teil des Gyrus hippocampi einnehmen soll.[1])

Etwas später folgten die Untersuchungen von FASOLA (aus LUCIANI's Laboratorium), in welchen beim Hunde zuerst das eine, dann das zweite Cornu Ammonis abgetragen wurde. Auch hier ist von nachweisbaren Beziehungen des Cornu Ammonis zu den Funktionen des Riechens, Sehens und Hörens die Rede. FERRIER's Ansicht über das Vorhandensein von Beziehungen des Cornu Ammonis zu der Haut- und Muskelsensibilität wird von FASOLA vollständig verworfen.[2])

Nun aber ist von vielen Beobachtern früher und jetzt bemerkt worden, daß die Abtragung der Region des Gyrus sigmoideus beim Hunde und der Centralwindungen bei den Affen neben motorischen Störungen gleichzeitig auch Alterationen der Haut- und Muskelsensibilität herbeiführt. Im Hinblick darauf werden die motorischen Störungen, welche durch Läsionen der genannten Rindenfelder bedingt werden, von diesen Beobachtern in eine direkte Abhängigkeit von Alterationen der Sensibilität gebracht. SCHIFF z. B., welcher zuerst bei Tieren mit beschädigtem Gyrus sigmoideus Störungen der Tastempfindlichkeit in den affizierten Extremitäten bemerkte, faßte diese als Ursache der an den gleichen Extremitäten bestehenden Bewegungsstörungen auf.[3]) Späterhin überzeugte sich SCHIFF jedoch[4]), daß in der Gehirnrinde überhaupt keine Tastcentra angenommen werden dürfen; doch müsse angenommen werden, daß die taktilen Leitungsbahnen, welche dicht über der Gehirnrinde verlaufen, im Falle der Abtragung des Gyrus sigmoideus beschädigt werden, wodurch es zu Alterationen des Tastgefühls komme.

Eine analoge Darstellung dieser Verhältnisse liefert auch SCHOPEN.[5])

In besonders eifriger Weise tritt aber H. MUNK für die Abhängigkeit der bei Zerstörungen des Gyrus sigmoideus zu beobachtenden Bewegungsstörungen von Alterationen der Sensibilität ein. Zufolge seinen Untersuchungsergebnissen stellt jenes Rindengebiet, welches von vielen als Fundstätte besonderer motorischer Centra angesehen wird, in Wirklichkeit eine Reihe sensibler Centra für die kontralaterale Körperhälfte vor. Die Erscheinungen, welche in diesem Fall die Ursache der motorischen Störungen bilden, sind dabei komplizierter Natur und bestehen nach der Darstellung MUNK's in einem Verlust der Berührungs- und Druckvorstellungen oder, mit anderen Worten, aller Tastvorstellungen, sowie der Vorstellungen von der Lage der Glieder im Raume. Die Folge davon ist nach der Meinung von MUNK, daß es bei den Tieren auch zu einem Verlust der sogenannten Bewegungsvorstellungen kommt.

---

[1]) LUCIANI, On the sensorial localisation in the cortex cerebri. Brain. Juli. 1884. Part. XXVI.

[2]) G. FASOLA, Sulla Fisiologia del grande Hipocampo. Rivista sperim. di Freniatria. Anno XI. 1885. S. 434—475.

[3]) SCHIFF, Arch. f. exper. Pathologie. 1885. Bd. 3. Lezione sull'encefalo. Florence. 1873.

SCHIFF, Recueil des mémoires physiologiques de M. SCHIFF, Lausanne. 1876. 3 vol.

[4]) SCHIFF, Über die Erregbarkeit des Rückenmarkes.

[5]) SCHOPEN, Über die Bedeutung der sogenannten motorischen Sphäre des Großhirns. Inaug.-Diss. Bern. 1886.

Da diesen Vorstellungen nach der Ansicht MUNK's einfache Haut- und Muskelempfindungen (Berührungs- und Druckgefühl, Gefühl einer bestimmten Spannung und Zusammenziehung der Muskeln) zu Grunde liegt, zu welchen, wie MUNK annimmt, außerdem noch in den Centren selbst auftauchende Innervationsempfindungen hinzukommen, so müssen als direkte Folge der Zerstörung der sogenannten motorischen Zone der Gehirnrinde Bewegungsstörungen auftreten, welche in erster Linie auf Störungen der Sensibilität und auf dem direkt dadurch bedingten Verlust der entsprechenden Bewegungsvorstellungen beruhen.[1])

Auf Grund solcher Erwägungen leugnet nun MUNK überhaupt die Existenz motorischer Rindencentra und betrachtet die ganze Außenfläche der Hemisphäre, mit Ausnahme des Hinterhaupt- und Schläfenlappens, welche von den Seh- und Gehörcentren okkupiert sind, als ein ausgedehntes sensibles Feld, an welchem er folgende Regionen unterscheidet:

1. das Augenfeld, bei den Affen vor dem Hinterhauptlappen im Gyrus angularis, beim Hunde im Parietalgebiet der drei Primärwindungen gelegen;

2. das Ohrfeld, bei den Affen in der Nachbarschaft des oberen Randes der Fossa Sylvii lokalisiert;

3. das Gebiet der hinteren Extremitäten, bei den Affen entlang der inneren Furche vom Hinterhauptlappen bis zum Stirnlappen, beim Hunde unmittelbar hinter dem Sulcus cruciatus sich ausbreitend;

4. das Gebiet der vorderen Extremitäten, bei den Affen einen beträchtlichen Teil beider Centralwindungen, beim Hunde den ganzen äußeren Abschnitt des Gyrus sigmoideus einnehmend;

5. das Gebiet des Kopfes, bei den Affen den unteren Teil beider Centralwindungen, beim Hunde die vorderen Teile der zweiten, dritten und vierten Windung, nach außen vom Gyrus sigmoideus okkupierend;

6. das Hinterhauptgebiet, bei den Affen auf ein kleines Feld beschränkt, welches am hinteren Abschnitt der zweiten und der dritten Frontalwindung, beim Hunde dicht vor dem Sulcus cruciatus gelegen sein soll;

7. das Rumpfgebiet, bei den Affen und beim Hunde entsprechend dem vorderen Teil des Stirnlappens sich ausbreitend.

Was die motorischen Erscheinungen betrifft, welche man bei den Reizungen der sogenannten motorischen Sphäre beobachtet, so erscheinen dieselben nach der Ansicht MUNK's als Folge einer Erregung der Sinnesbilder oder der allgemeinen Sinnesvorstellungen.

Aus dem Dargelegten ersieht man unschwer, daß die Ansichten MUNK's über die Bedeutung der sogenannten motorischen Zone der Gehirnrinde von den Auffassungen anderer Forscher in wesentlichen Beziehungen abweichen.

Unter anderem wird MUNK's Lehre von dem Vorkommen sensibler Centra im Bereiche der Regio praefrontalis des Gehirns von einer ganzen Reihe späterer Untersucher als unzutreffend verworfen.

Außer MUNK sind jedoch noch mehrere andere Forscher für die

[1]) H. MUNK, Über die Funktionen der Großhirnrinde. Ges. Mitt. aus den Jahren 1877—1880. Berlin 1880.

sensible Funktion der sogenannten motorischen Zone der Gehirnrinde eingetreten.

Nach der Ansicht anderer Beobachter sind indessen die einzelnen Centra der sensitiv-motorischen Zone der Gehirnrinde so eng miteinander verbunden und gehen sogar so unmittelbar ineinander über, daß man sie nicht durch so scharfe Linien von einander abgrenzen kann, wie dies bei der Exzision und Abtragung einzelner Teile der Gehirnrinde zu geschehen pflegt.[1])

Im allgemeinen aber umfaßt die sensitiv-motorische Zone nach der Meinung LUCIANI's den vorderen Teil des Gehirns; sie erstreckt sich daselbst von der Spitze des Stirnlappens bis zum vorderen Teil des MUNK'schen Augenfeldes.

Die Umgebung der zentralen Rindenregion bleibt aber ebenfalls nicht ohne Bedeutung für die Bewegungsfunktionen. Denn bei der Zerstörung dieser Region können immer noch Bewegungsstörungen hervorgerufen werden, wenn diese auch weniger lebhaft ausfallen und keine lange Dauer haben.

Da LUCIANI und SEPILLI[2]) bei der Reizung der Rinde der sensitiv-motorischen Zone an den Versuchstieren Störungen der Hautsensibilität beobachteten, brachten sie auch die Störungen der Motilität gleich MUNK in Abhängigkeit von entsprechenden Veränderungen der Sensibilität.[3])

FRITSCH und HITZIG, welche zuerst nachgewiesen haben. daß man mit dem elektrischen Strom von bestimmten Stellen der Gehirnrinde Bewegungen auslösen kann, nannten diese Stellen bekanntlich psychomotorische Centra.[4]) Diese Bezeichnung präjudizierte jedoch in keiner Weise die eigentliche Natur dieser Centra. Die späteren Beobachter haben sich in der verschiedensten Weise geäußert. Einige. wie GOLTZ und BROWN-SÉQUARD, leugneten selbst, wie wir gesehen haben, das bloße Vorhandensein der von FRITSCH und HITZIG angegebenen Centra.

Andererseits beobachtete NOTHNAGEL nach experimenteller Zerstörung der motorischen Zone Störungen des Muskelgefühls, welche zuerst schon durch GOLTZ bei den von ihm operierten Tieren bemerkt worden waren.[5])

Auf diese Alterationen des Muskelgefühls wollte GOLTZ die bei den operierten Tieren zu beobachtenden Bewegungsstörungen zurückführen. Er faßte sie als direkte Folgen der Alteration des Muskelgefühls auf.[6])

Sie haben, schreibt dann HITZIG in einer seiner Publikationen bezüglich der von ihm operierten Tiere, augenscheinlich ein ungenügend klares Bewußtsein von der Lage des betreffenden Gliedes; die Fähig-

---

[1]) LUCIANI e TAMBURINI, Sui centri psychosensori corticali. 1879. Ricerce sperim. sulle funzioni del cervello. Riv. sperim. di freniatria. 1878—1879. IV—V.

[2]) LUCIANI e SEPPILLI, Localisazione funzionali delle cervello. Napoli. 1855.

[3]) LUCIANI e SEPPILLI, Die Funktionslokalisation auf der Großhirnrinde. Übers. von FRAENKEL. 1886.

[4]) FRITSCH und HITZIG, Über die elektrische Erregbarkeit des Großhirns. Reichert und du Bois Reymond's Archiv. 1870.

[5]) NOTHNAGEL, Exper. Untersuchungen über die Funktionen des Gehirns. Virchow's Archiv, Bd. 57 und 58.

[6]) BASTIAN, The muscular sense. 1887.

keit, sich eine genaue Vorstellung davon zu bilden, ist ihnen verloren gegangen.

In der Folge zeigte aber Hitzig, ohne seine früheren Ansichten aufzugeben, zu der Annahme einer mehr allgemeineren Entstehungsweise der Bewegungsstörungen bei Rindenläsionen; er betrachtete sie in diesem Sinne als Ausdruck einer gestörten Vorstellungstätigkeit.[1])

Ferner bemerkt Hitzig in einer seiner letzten Schriften, daß die sensiblen Funktionen nach Beschädigungen der motorischen Rindenzone eine je nach der Ausdehnung der Läsion verschieden schwere Störung erleiden. Offenbar dienen diese Gebiete zur Bildung von Sinnesvorstellungen, es sei aber unwahrscheinlich, daß dies die einzigen Gebiete sein sollten, welche diese Aufgaben haben.

In den subkortikalen Regionen, und zwar in den Rückenmarks- und Kleinhirncentren, vielleicht auch in den Centren des Mittelhirns vollzieht sich nach der Ansicht von Hitzig eine allmähliche Assoziation und Ausarbeitung der Bewegungen und der ihnen entsprechenden Empfindungen, deren Endresultat in dem Auftauchen motorischer Vorstellungen niederer Ordnung besteht, welche durch die Vermittlung entsprechender Hirngebiete von dem Bewußtsein als motorische Vorstellungen apperzipiert werden.

Ebenso werden auch die übrigen von den Sinneswerkzeugen aufgenommenen Bewegungen in den subkortikalen Regionen assoziiert und verarbeitet und erst dann werden sie in der Rinde zum Gegenstand der Perzeption, wobei das Bewußtsein jedoch nicht im Stande sein soll, die vorbereitenden Prozesse zu analysieren.

Demnach weicht Hitzig von den Anschauungen Munk's darin ab, daß er nicht wie dieser eine Sinnessphäre in der Rinde annimmt, sondern dort nur eine Vorstellungs- bezw. Bewußtseinssphäre gelten läßt. Er lokalisiert also in der Rinde nicht, wie Munk, Empfindungen und Vorstellungen, sondern nur Gefühlsvorstellungen. Die Sphäre der Empfindungen betrachtet er als ausschließliches Privileg der Tätigkeit der niederen subkortikalen Centren.

An einer anderen Stelle bemerkt Hitzig, daß das Verhältnis zwischen den sensiblen und motorischen Prozessen in der sogenannten motorischen Rindenzone noch vollkommen unaufgeklärt dastehe. Bei dieser Gelegenheit nimmt Hitzig sowohl gegen die Annahme der ausschließlich motorischen Theorie Ferrier's, als auch gegen die ausschließlich sensible Theorie Munk's Stellung.

Nach seiner Auffassung können im Falle der Abtragung der sogenannten motorischen Rindenzone die verschiedenen Vorstellungen des operierten Tieres, deren Gesamtheit den Willen ausmacht, nicht mehr die notwendigen Bewegungen regieren.[2])

Einen Anhänger findet die sensitiv-motorische Theorie in Tripier. Zufolge den Ergebnissen seiner Experimente bewirken Läsionen des Gyrus sigmoideus des Hundes Störungen der Motilität und der allgemeinen Sensibilität; beide Reihen von Störungen bestehen neben einander, allein die Störungen der Motilität stellen sich nicht als Folge

[1]) Hitzig, Untersuchungen über das Gehirn, Bd. 60. 1874.

[2]) Hitzig, Hughlings Jackson und die motorischen Rindencentren. Berlin 1901, Hirschwald.

der Störungen der Sensibilität dar, sondern sind von ihnen völlig unabhängig.[1])

Muratow folgt bezüglich der Funktionen der motorischen Zone der Gehirnrinde den Auffassungen von Munk und Wernicke. Er betrachtet die motorische Zone als Centrum der motorischen Vorstellungen. Vorhandene Störungen des Muskelgefühls sollen nach seiner Meinung durch Ausfall und Degeneration der Assoziationsbahnen der Gehirnrinde bedingt werden.[2])

Volle Beachtung verdienen ferner die Untersuchungsergebnisse namentlich von Schäffer und Horsley an Affen. Sie fanden nach vollzogener Zerstörung der Centralwindungen neben Störungen der Motilität auch Störungen der Sensibilität.[3])

Ganz analoge Beobachtungen werden von Mott mitgeteilt.[4])

In Übereinstimmung mit den soeben dargelegten Beobachtungen sind einige Autoren zu der Auffassung gelangt, daß die Störungen der Motilität bei Affen der motorischen Zone der Gehirnrinde ebenfalls Folge der bestehenden Störungen der sensiblen Sphäre sind. Mit anderen Worten, es handelt sich dabei um Störungen ataktischen Charakters, welche den Bewegungsstörungen bei Affektionen der Hinterstränge des Rückenmarks vollkommen analog sein sollen.

Eine Stütze fand diese Betrachtungsweise namentlich in dem Umstande, daß ein Zusammenhang der Hinterstrangkerne durch die Schleife und ihre centralen Fortsetzungen mit der Rinde der hinteren Centralwindung auch anatomisch erkennbar ist.

Zu gedenken ist hier im Zusammenhange mit den bisherigen Darlegungen der bemerkenswerten Angaben von Bickel, wonach die Kompensation der sensiblen Ataxie, welche beim Hunde nach der Durchschneidung der Hinterwurzeln auftritt, sich nicht allein unter Mitwirkung des Ohrlabyrinthes vollzieht, wie Bickel dies früher nachgewiesen zu haben glaubte, sondern daß auch die sog. motorische Zone der Gehirnrinde daran beteiligt sei. Wenn man dieses Rindengebiet bei Hunden mit durchschnittenen hinteren Rückenmarkswurzeln abträgt, nachdem bereits eine Kompensation der Motilität sich herausgebildet hat, dann stellt sich im Anschlusse an das pseudoparaplegische Stadium die sensible Ataxie mit früherer Lebhaftigkeit ein und erfährt dann nicht mehr eine so ausgiebige Kompensation, wie vorher. Falls das Sehvermögen leidet, nimmt die durch die Wurzeldurchschneidung und Rindenabtragung erzeugte Ataxie der Versuchstiere noch mehr zu. Im Falle partieller Entrindung pflegte die Ataxie schwächer und die Kompensation derselben ausgiebiger zu sein. Wenn man die Rinde vor der Wurzeldurchschneidung abtrug, dann kommt es nicht zu einer so vollständigen Kompensation, wie bei unversehrter Rinde.[5])

---

[1]) Tripier, Congrès intern. de médecine, Genève, 1877. — Recherches cliniques et expérim. sur l'anésthesie etc. Revue mens. de méd. et de chir. 1880. Nr. 1 und 2.

[2]) A. Muratow, Obosrên. psihiatr. 1897, S. 482.

[3]) Horsley, Nineteenth century. 1891.

[4]) Mott, British med. Journ. 1893, S. 685.

[5]) Bickel, Experim. Untersuchungen über die Kompensation der sensor. Ataxie. D. Med. Wochenschr. 1901, Nr. 12.

Nichtsdestoweniger spricht gegen eine Analogisierung der Bewegungsstörungen zu Läsionen des Gyrus sigmoideus bezw. der Centralwindungen und der ataktischen Störungen der unzweifelhaft paralytische Charakter dieser Störungen, welche bei Affektionen der motorischen Zone der Gehirnrinde der höheren Tiere (Affen) und namentlich des Menschen in auffallendem Grade hervortritt.

Andererseits ist auch in den Untersuchungsergebnissen betreffs der Störungen der Sensibilität in Fällen von Abtragung der Rinde des Gyrus sigmoideus bezw. der Centralwindungen eine hinreichende Einheitlichkeit nicht zu bemerken. Einige Beobachter, wie Ferrier, Schäffer, Bianchi vermißten jede Alteration der Sensibilität in Fällen von Zerstörung der motorischen Centra und halten daher entschieden dafür, daß der Gyrus sigmoideus und die Centralwindungen motorische, nicht aber sensible Centra beherbergen.

Ferrier stellt das Vorkommen von Sensibilitätsstörungen bei Affen mit lädierter Rinde der Centralwindungen gänzlich in Abrede. Nach seinen Beobachtungen vermißt man selbst nach ausgedehnten Beschädigungen der Gehirnrinde im Gebiete der Centralwindungen der Affen keinerlei Störungen der sensiblen Sphäre, trotzdem in seinen Fällen die Paralyse der Bewegungen außerordentlich lebhaft hervortrat. Dagegen findet Ferrier, wie schon bemerkt wurde, eine Abschwächung bezw. einen Verlust der Sensibilität der kontralateralen Körperhälfte bei der Zerstörung des Gyrus hippocampi nebst dem Ammonshorn.

Ebenso bekämpft Schäffer, gestützt auf Experimentalergebnisse, Munk's Lehre von der Gefühlssphäre. Nach totaler Abtragung der motorischen Rindenzone beobachtete er bei den Versuchstieren keinerlei Störungen der Sensibilität. Die beim Menschen in Fällen von Affektionen der motorischen Zone auftretenden sensiblen Störungen führt Schäffer auf vasomotorische Veränderungen zurück.[1])

Auch nach den Angaben von Bianchi führt die Abtragung der motorischen Zone der Gehirnrinde nicht zur Ausbildung irgend welcher Störungen der Sensibilität. Seinen Versuchsergebnissen zufolge erstreckt sich das Gebiet der motorischen Zone 1 cm weit nach hinten von der Grenze des Gyrus sigmoideus. Dabei gibt es aber, wie er annimmt, keine ausschließlichen Beziehungen bestimmter Stellen dieser Zone zu dem einen oder anderen Bewegungsorgan. Im Gegenteil, die centralen Innervationselemente eines bestimmten Bewegungsorganes erscheinen über die ganze motorische Fläche verteilt und liegen nur an wenigen Punkten dieser Zone dichter gedrängt, und dies sei der Grund, warum gerade an diesen Stellen der erregbare Teil für das betr. Organ gefunden wird. Aber die Muskeln, welche dabei zur Kontraktion kommen, sind nicht allein in diesen, sondern auch in anderen Teilen des motorischen Feldes repräsentiert. Dies schafft günstige Kompensationsbedingungen für den Fall einer partiellen Zerstörung der motorischen Zone. Und aus dem gleichen Grunde führen nur ausgedehnte Läsionen der motorischen Zone zu anhaltenden Alterationen der Bewegungen.

Fr. Franck betrachtete die motorischen Centra als Stätten willkürlicher Innervation, welche ihre motorischen Impulse den wirklichen

---

[1]) Schäffer, On the alleged sensory functions of the motor cortex cerebri. Journ. of phys. 1898, XXII., Nr. 4.

Centra zusenden, die durch bestimmte Nervenzellen des Verlängerten Markes und des Rückenmarkes dargestellt sind.[1])

In bekannter Weise bemühten sich einige Autoren, die bestehenden Meinungsverschiedenheiten im Punkte der Lokalisation der Sinnescentra in der Gehirnrinde auszugleichen. Zu denen, welche diesen Weg der Versöhnung betreten haben, gehört u. a. Horsley.

Je tiefer wir in der Tierreihe hinabsteigen, um so inniger gestaltet sich, wie Schäffer ausführt, der Zusammenhang zwischen den sensiblen und motorischen Verrichtungen. Bei den Carnivoren z. B. entwickelt sich die Sensibilität stets in engstem Zusammenhange mit der Ausbildung der motorischen Sphäre. Anders liegen die Dinge bei den Affen; hier findet man nur ganz geringfügige Störungen der Tast- und Muskelsensibilität nach Rindenexstirpation im Bereiche der motorischen Zone. Horsley erinnert an das Vorkommen klinischer Fälle mit Beschädigungen der motorischen Centra, wobei man konstant eine sensible Aura in Körperteilen antrifft, welche dem gereizten Centrum entsprechen, und andererseits beruft er sich auf Fälle von operativer Abtragung einzelner Centra der motorischen Zone, wo Gliedertaubheit und andere sensible Störungen in den entsprechenden Körperteilen beobachtet wurden. Im Hinblicke auf alle diese Zustände ist Horsley der Meinung, daß die motorische Zone jenen Teil der Gehirnrinde darstellt, in welchem die segmentären sensiblen Eindrücke einschließlich des Muskelgefühls repräsentiert sind und in welchem auch die willkürlichen Bewegungen entstehen, während das Hauptcentrum der Perzeption sensibler Eindrücke im Gyrus fornicatus lokalisiert erscheint.[2])

Ueber das Ergebnis meiner hierbezüglichen, aus dem Beginne der 80er Jahre herrührenden Versuche, welche bezeugen, daß die Parietalregion zu der Perzeption der Hauteindrücke und des Muskelgefühls in Beziehungen steht[3]), werde ich mich hier nicht verbreiten, da alles notwendige hierüber noch an einer späteren Stelle zur Sprache kommt. Hier genüge es zu bemerken, daß das Verhältnis der Scheitellappen zu der Sensibilität im Anschlusse an meine Untersuchungsbefunde späterhin noch von vielen anderen Seiten als wirklich vorhanden erkannt worden ist.

Unter anderem zeigten die Goltz'schen Hunde mit tiefer symmetrischer Exstirpation der Hinterlappen keine Reaktion auf Hautreize. Goltz bezog dieses Verhalten nicht auf bestehende Störungen der Hautsensibilität, sondern auf Stumpfsinn, wenn auch die operierten Hunde auf Wunsch die Pfote hinhielten, was jedenfalls nicht auf eine auffallende Herabsetzung der geistigen Fähigkeiten der operierten Tiere schließen läßt.

Ich kann am Schlusse dieser Übersicht nicht die Bemerkung unterdrücken, daß einige Autoren so weit gehen, in der Gehirnrinde weder sensible Centra, noch Centra für die Motilität anzunehmen. Die Erscheinungen, welche man bei der Reizung des Gyrus sigmoideus und

---

[1]) François Franck, Système nerveux (physiologie). Dict. encyclop. 2 série XII, 577.

[2]) Horsley, Deutsche Med. Wochenschr. 1883, Nr. 38.

[3]) W. Bechterew, Über die Lokalisation der Hautempfindungen und des Muskelgefühls an der Oberfläche der Hemisphären. Vrac 1883, Nr. 30. Neurolog. Centralbl. 1883.

der Centralwindungen beobachtet, erklären diese Autoren teils durch den hochgradigen Schwachsinn der Tiere infolge der Gehirnoperation, teils durch Bestehen von Hemmungswirkungen seitens der Gehirnrinde auf die subkortikalen Regionen, teils endlich durch Nebenumstände.

Vertreter dieser Auffassungsweise sind u. a. Goltz und Loeb. Des Ersteren Auffassungen sind bereits früher eingehend dargelegt worden. Was Loeb betrifft, so mögen hier einige Worte über seine Stellungnahme Platz finden. Er bezieht die Störungen der Extremitätenbewegungen nach der Abtragung des Gyrus sigmoideus nicht auf Verlust des Muskelgefühls, sondern auf einen Schwächezustand der Extensoren und zum Teil auch anderer Muskeln des Vorderbeines, sowie auf Veränderungen der Hautsensibilität. Das Tier nimmt, wie Loeb sich ausdrückt, gewissermaßen die abnorme Gewohnheit an, das kranke Bein in gestrecktem Zustande zu halten. Er vergleicht dabei den Zustand solcher Hunde mit hemiplegischen Kontrakturen des Menschen.

Die Widersprüche, in welche sich Loeb dabei verwickelt, sind von Hitzig klar dargestellt worden.[1]) Wenn man die Bewegungsstörungen mit hemiplegischen Kontrakturen vergleicht, so ergibt sich schließlich, daß trotz der besonderen Auffassung Loeb's über die Funktionen der Gehirnrinde, die Erscheinungen, welche er bei den Hunden bemerkte, zur Kategorie der paralytischen Erscheinungen zu rechnen sind, denn die hemiplegischen Kontrakturen sind stets auf paralytische Störungen zurückgeführt worden.

Man kann auch nicht umhin, in den Schlußfolgerungen Loeb's wesentliche Abweichungen von den Ansichten Goltz's zu erblicken, welcher den Hemmungserscheinungen eine große Bedeutung bei der Entstehung der Bewegungsstörungen nach Rindenläsionen beimaß. Die Theorie der Hemmung ist später in gewissem Maße von Hitzig unterstützt worden, wenn dieser auch die Rolle des Hemmungsfaktors bei Läsionen der motorischen Zone in wesentlicher Weise einschränkte.

Die Hemmung spielt nach der Ansicht von Hitzig bei Läsionen der motorischen Zone nur insofern eine Rolle, als dadurch die direkt nicht beschädigten subkortikalen Sinnesformationen vorübergehend in ihrer Funktion aufgehalten werden.[2]) Ebenso werden auch die übrigen Endigungen von Centripetalfasern, zum mindesten diejenigen des Sehnerven, vorübergehend durch diese Läsionen in ihrer Funktion gehemmt. Aber die Vorbedingungen dieser entlegenen Einflüsse und ihre Bedeutung für die Ausbildung der cerebralen Erscheinungen müssen noch durch neue Experimente näher ermittelt werden.

Andererseits wurde von Hitzig auf die Tatsache aufmerksam gemacht, daß der operierte Hund, falls man die affizierte Extremität über den Rand des Tisches hinausschob, in dieser dislocierten Stellung längere Zeit stehen blieb, was mit einem Verlust des Muskelgefühls in Zusammenhang gebracht wurde. Wenn man ferner den operierten Hund auf einen Tisch mit Klappbrett so postierte, daß die affizierten Extremitäten auf dem Klappbrette zu stehen kamen, so zog das Tier bei schnellem Umkippen des Brettes sein Bein nicht zurück, sondern dieses blieb in der dislocierten Haltung stehen.

---

[1]) Hitzig, Archiv f. Psychiatrie Bd. 35, H. 2, S. 331—332.
[2]) Hitzig, Archiv f. Psychiatrie Bd. 35, H. 2, S. 390.

Bemerkt wurde ferner, daß der Hund mit der affizierten Extremität ins Leere tritt, an Hindernisse stößt und sie welk herabhängen läßt. Nach den Angaben von Goltz sind die operierten Hunde beim Essen erheblich behindert, während nach Läsionen der Occipitallappen solche Störungen nicht vorkommen.[1])

Weiterhin betonten Goltz, Schiff und später auch Hitzig den Verlust der isolierten Bewegungen im Bereiche der affizierten Extremität nach Abtragung der Rindencentra, ein Zustand, der beim Pfotenreichen besonders auffallend hervortritt.

Diese Erscheinungen werden von Anhängern der sensiblen Theorie der Bewegungscentra auf bestehenden Verlust der entsprechenden Empfindungen in der Extremität zurückgeführt. Nach der Erklärung von Goltz jedoch beruht die Unfähigkeit zum Pfotenreichen nicht auf einer Störung der Empfindungen, sondern darauf, daß zwischen den Organen des Willens und den Nerven, welche die Willensimpulse übertragen, unüberwindliche Hindernisse bestehen.[2])

Hitzig aber meint, daß es sich hier bloß um eine bestimmte Art motorischer Paralyse handelt.[3])

Goltz machte ferner die Beobachtung, daß der Hund, wenn man nach vollzogener Zerstörung der motorischen Rindenzone die entsprechende Vorderpfote verletzt, mit den übrigen drei Beinen zu laufen anfängt, was gewissermaßen gegen das Bestehen einer motorischen Paralyse spricht. Loeb bestätigte die Richtigkeit dieser Beobachtung, da auch er nach Verletzungen des homolateralen Vorderbeines das operierte Tier auf den drei anderen Beinen laufen sah; sobald sich aber die beschädigte Extremität von dieser Verletzung erholt hatte und das Tier sich derselben wieder bediente, stellten sich die früheren Störungen wieder ein.[4])

Diese Beobachtungen sind als Beweis gegen das Bestehen einer willkürlich-motorischen Paralyse bei den operierten Tieren geltend gemacht worden. Da es sich jedoch in diesen Fällen im Grunde nicht um eine vollständige Lähmung handelt, sondern bloß um eine Parese der kontralateralen Extremitäten, so kommt diesen Beobachtungen eine so große Bedeutung, wie man geglaubt hat, nicht zu.

Nicht ohne Grund kritisiert Hitzig in schärfster Weise den Schluß, welchen Loeb aus jener Beobachtung zu ziehen suchte, in dem Sinne, daß die operierten Tiere angeblich auch die kontralateralen Extremitäten in normaler Weise hatten gebrauchen können.

Zu einer analogen Erscheinungsreihe gehört auch eine Beobachtung von Biedl, welcher beim Affen successive in Abständen von drei Wochen ein talergroßes Stück der motorischen Zone der Gehirnrinde beider Hemisphären abtrug. Nach der ersten Operation erwies sich die kontralaterale obere Extremität gelähmt für Bewegungen, die mit Willkür-anstrengung verbunden sind, während das Tier koordinierte und Simultan-

---

[1]) Goltz, Über die Verrichtungen des Großhirns. Pflügers Archiv Bd. 42. 1888, S. 447.

[2]) Goltz, Gesammelte Abhandlungen S. 35.

[3]) Hitzig, Reicherts und Du Bois Reymonds Archiv 1876. Archiv f. Psych. Bd. 35, Heft 2, S. 333.

[4]) Loeb, Beiträge zur Physiologie des Großhirns. Pflügers Archiv Bd. 39, S. 287ff. Einleitung in die vergleichende Gehirnphysiologie 1899, S. 172ff.

bewegungen nach der Operation an der zweiten Hemisphäre, welche von Paralyse der anderen Oberextremitäten gefolgt wurde, auszuführen vermochte; mit der vorher affizierten Extremität begann es jetzt, wenn auch plump und ungeschickt, nach dem Futter zu greifen. Es ist also klar, daß diese Extremität im Stande war, Bewegungen auszuführen, aber so lange unbenutzt blieb, bis die unbedingte Notwendigkeit dazu eintrat. Man muß dabei noch beachten, daß die Extremität, deren Centrum exstirpiert worden war, in drei Wochen ihr Bewegungsvermögen soweit wieder erlangte, daß das Tier sie naturgemäß der affizierten Extremität vorzog.[1])

Es soll hier zum Schlusse dieser literarischen Übersicht diese Bemerkung ihren Platz finden, daß eine motorische Rindenzone nicht den Säugetieren allein zukommt, sondern auch an niederen Wirbeltieren nachgewiesen werden kann. Zum mindesten für Vögel ist das Vorkommen über jeden Zweifel erhaben. Es verdienen in dieser Beziehung ganz besondere Beachtung die Untersuchungsbefunde von O. Kalischer, aus denen hervorgeht, daß bei dem Papagei z. B. die Abtragung einer Hemisphäre oder eines Teiles derselben zur Ausbildung deutlicher Lähmungserscheinungen der kontralateralen Seite, namentlich des Beines und des Flügels, führt. Diese Störungen waren noch auffallender und anhaltender bei einem alten Kakadu, welcher die Beine mit besonderer Geschicklichkeit bewegen konnte: hier also kamen zu den gewöhnlichen Bewegungen als wesentliches Moment noch die erlernte Koordination hinzu. Die Methode von Marchi entdeckt jedoch bei diesen Tieren nicht das Vorhandensein der kortikospinalen Bahn der Säugetiere.[2]) Die Reizung der vorderen Regionen der Rinde dieser Tiere ergab in Kalischer's Versuchen ebenso charakteristische isolierte Bewegungen der Zehen, des Flügels, der Zunge, des Kiefers, des Kopfes, des Auges, der Augenlider, wie bei den Säugetieren. Dabei vollzogen sich die Bewegungen der Zehen und des Beines auf der entgegengesetzten Seite, die Bewegungen der Zunge und des Kiefers jedoch auf beiden Seiten.[3])

Es sind Angaben darüber vorhanden, daß Rindenkrämpfe selbst beim Frosch erzielbar sind (Lapinsky), aber differenzierte Bewegungen können bei diesem Tier jedenfalls nicht experimentell hervorgerufen werden.

2. Experimentelle Untersuchungen zur Lokalisation der Haut-Muskeleindrücke in der Gehirnrinde.

Man erkennt aus vorstehender Darstellung der literarischen Angaben, daß Störungen der Sensibilität sowohl bei Affektionen der Parietallappen, als auch bei Affektionen der Region der Centralwindungen bemerkt werden, wobei im zweiten Fall die Anästhesieerscheinungen neben hochgradigen Alterationen der Motilität hervortreten.

---

[1]) Biedl, Exstirpation der beiderseitigen motorischen Rindenbezirke beim Affen. Neurolog. Centralbl. 1897, S. 1024.

[2]) O. Kalischer, Über Großhirnexstirpationen bei Papageien. Sitzb. d. Kgl. preuß. Akademie d. Wissensch., 5. Juli 1900.

[3]) O. Kalischer, Weitere Mitteilung zur Großhirnlokalisation beim Papagei. Fortschr. d. Medizin, Bd. XVIII, Nr. 33.

Ich will zunächst die Erscheinungen darstellen, welche man bei experimenteller Zerstörung der Rinde der Parietalregion beobachtet.

Schon vor mehr als 20 Jahren habe ich nachzuweisen versucht, daß die Centren der Haut- und Muskelsensibilität unmittelbar nach hinten und außen von der sogenannten motorischen Zone bezw. ent-



Fig. 263.
Gehirn vom Affen. *a* Rechte unversehrte Hemisphäre; *b* linke Hemisphäre: tiefe Anaesthesie und Hemiplegie.

sprechend dem Scheitellappen des menschlichen Gehirns lokalisiert sind. Ich hatte damals eingesehen, daß sowohl beim Hunde wie beim Affen (Fig. 263) die Zerstörung dieser Regionen stets von auffallenden und reinen Erscheinungen seitens der Haut- und Muskelsensibilität gefolgt wird.

Dabei verändert sich in Abhängigkeit von den Dimensionen der entfernten Rindenpartie auch die Größe des anästhetischen Gebietes, sowie die Lebhaftigkeit der Anästhesie selbst. Wenn wir bei einem Hunde den Scheitellappen der einen Hemisphäre entrinden, dann tritt

bei dem Tier Anästhesie der Haut- und Muskelsensibilität der kontralateralen Körperhälfte auf; es bestehen dabei aber keinerlei paralytische Störungen der Motilität.

Dementsprechend läßt es ein Hund, welchen man die Rinde des Scheitellappens zerstört hat, ruhig geschehen, daß ihm an der kontralateralen Pfote ein Marlyverband angelegt wird, während gesunde Hunde dies gewöhnlich nicht ohne weiteres dulden.

Das operierte Tier reagiert gar nicht, wenn jemand ihm seine herabhängenden kontralateralen Beine gegen den Haarstrich glättet (Haarreflex), zeigt keinen Nagelreflex (entstehend beim Beklopfen der Nagelspitzen der herabhängenden Extremität) und verhält sich ganz indifferent gegen die Lage seiner kontralateralen Extremitäten. Bei näherer Prüfung erkennt man aber auch, daß der Hund gegen Schmerzreize auf der dem Eingriff entgegengesetzten Seite weniger reagiert, als auf der entsprechenden Seite. Selbst stärkere Reizmittel, wie Stechen, Kneifen, Brennen, Klemmen usw. der kontralateralen Körperteile rufen von Seiten des Tieres entweder gar keine Schmerzäußerungen hervor oder bewirken nur eine relativ geringe Unruhe und ein schwaches Winseln. Auf der gesunden bezw. zu der verletzten Gehirnhemisphäre homogenen Seite dagegen rufen schon relativ schwache Reizmittel lautes Geheul und lebhafte Unruhe bei dem Tier hervor.

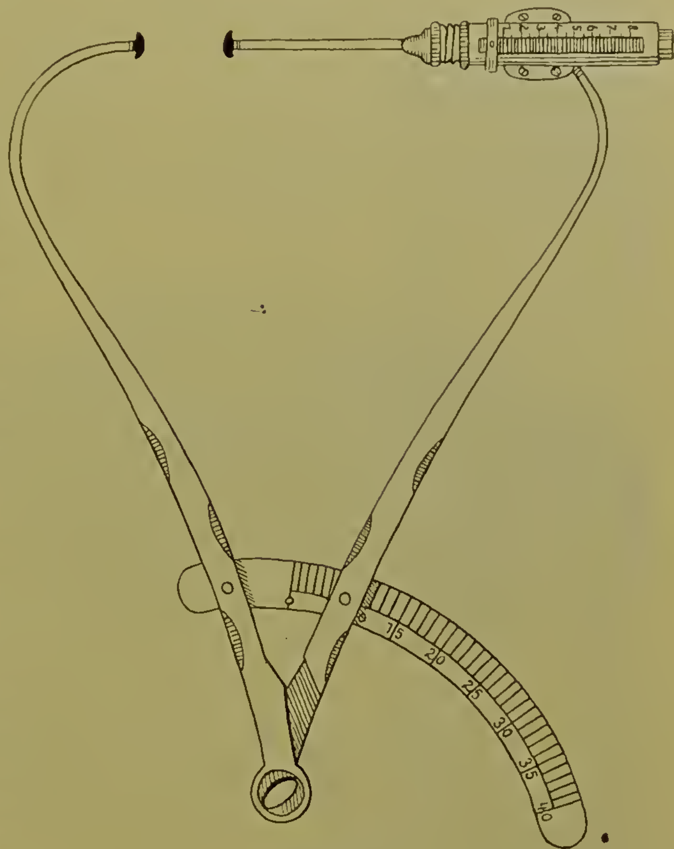


Fig. 264.
Mioaesthesiometer nach v. Bechterew.

Nicht minder auffallend ist bei einem solchen Tier die Verschiedenheit der Reizperzeption an den beiden Seiten der Schnauze und des Kopfes. Starkes Komprimieren der entgegengesetzten Wange mittels meines Mioaesthesiometers (Fig. 264), tiefe Stiche mit einer Stecknadel in die Ober- und Unterlippe, Durchstechen und Kneifen der Ohrmuschel und Verbrennung rufen gewöhnlich keine auffallende Reaktion seitens des Tieres hervor, während schon ganz schwache Stichverletzungen und ein geringes Kneifen der Wange auf der der beschädigten Hemisphäre entsprechenden Seite des Gesichts und Kopfes von außerordentlich lebhaftem Geheul gefolgt war.

Bei aufmerksamer Prüfung erkennt man leicht, daß das anästhetische Gebiet in derartigen Fällen hart an der Mittellinie des Körpers aufhört und auch die Schleimhaut der Nase, der Mundhöhle und der homolateralen Zungenhälfte in sich begreift.

Geschieht die Prüfung der Sensibilität mit einem Pinsel des Induktionsstromes, so erkennt man bei dem operierten Tier eine mehr oder weniger hochgradige Herabsetzung der Empfindlichkeit auf der der beschädigten Gehirnhemisphäre entgegengesetzten Seite. Wenn z. B. bei dem Hunde der Parietallappen der linken Gehirnhemisphäre entrindet wurde (Fig. 265), so gelangt man bei der Prüfung der rechtsseitigen Teile mit dem Pinsel des Induktionsstromes schließlich zu bedeutenden Reizstärken, ohne daß das Tier nennenswerte Schmerzäußerungen von sich gibt. Nur bei einzelnen Schlägen eines starken Induktionsstromes, besonders an empfindlicheren Körperteilen (Bauchhaut, Nasenflügel, Schwimmhaut) zieht das Tier die gereizten Teile zusammen, wird unruhig und heult. Dagegen bewirkt eine gleiche Behandlung von Teilen auf der Seite der lädierten Gehirnhemisphäre lebhafte Unruhe und starkes Heulen des Versuchstieres.

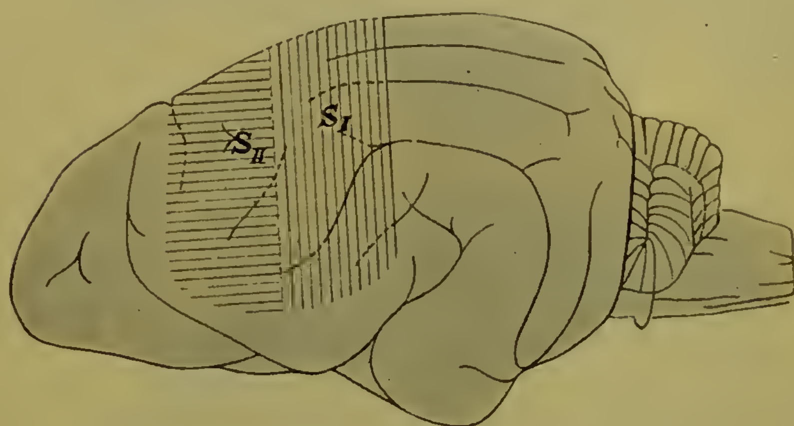


Fig. 265.
Gehirn vom Hunde.
S I Gebiet der Haut- und Muskelsensibilität; *S II* Sensitiv-motorische Zone.

Bezüglich des Muskelgefühles kann durch aufmerksame Prüfung folgendes ermittelt werden:

Wenn das Tier ruhig auf dem Fleck steht, dann erscheint der Rumpf desselben nicht selten wie nach der Seite der lädierten Hemisphäre hin leicht gekrümmt. Bei den Lokomotionen des Tieres findet diese Krümmung aber eine Korrektur. Will das Tier sich aber umdrehen, dann kehrt es sich immer in der Richtung zu der operierten Gehirnhemisphäre. Diese Erscheinung erklärt sich meiner Ansicht nach leicht durch bestehende Muskelanästhesie der kontralateralen Rumpfhälfte.

Diese Erklärung gewinnt um so mehr an Wahrscheinlichkeit, als sie gleichzeitig Gelegenheit bietet zu erkennen, daß das Muskelgefühl der beiden kontralateralen Extremitäten eine hochgradige Herabsetzung erfahren hat. So z. B. macht das Tier, wenn ihm der Kopf verbunden ist, bei passiven Bewegungen und Verschiebungen dieser Extremitäten überhaupt gar keine Bewegungen, aus welchen zu schließen wäre, daß es die Verschiebungen seiner Extremitäten wahrnimmt. Es gelingt ohne jede Mühe, die kontralateralen Extremitäten mit den

Dorsalflächen der Pfoten nach unten aufzustellen, sie über den Tischrand hinabhängen zu lassen usw., ohne daß das Tier sich widersetzt: die neue Lage der Gliedmaßen wird vielmehr so lange beibehalten, bis es dem Tier gelegentlich einfällt, eine andere Stellung einzunehmen. Nichts dergleichen ist an den Extremitäten auf der Seite der lädierten Gehirnhemisphäre zu bemerken. Schon bei der geringsten Dislokation derselben bringt das Tier sie in der Regel sofort an den richtigen Platz zurück.



Fig. 266.
Hund nach Zerstörung des Gyrus sigmoideus der rechten Seite. Die Stellung der linken Pfote mit dem Dorsum nach unten behält das Tier ruhig bei.

Analoge Erscheinungen beobachtete Dr. Protopopow in meinem Laboratorium bei Zerstörung des hinteren Abschnittes des Gyrus sigmoideus (Fig. 266).

Gegen vorsichtige passive Extension der kontralateralen Extremitäten verhält sich das Tier gewöhnlich vollkommen indifferent, es leistet

dagegen keinerlei Widerstand und gibt sich nicht die mindeste Mühe, aus den Händen des Experimentators loszukommen. Macht man dagegen einen solchen Versuch an einer Extremität auf der Seite der beschädigten Gehirnhemisphäre, dann sträubt sich das Tier fast immer in auffallender Weise und macht alle Anstrengungen, seine Pfote zu befreien. Wenn man eine der der Operation entgegengesetzten Extremitäten des Tieres aufhebt, so läßt es diese fast immer passiv herabhängen und zwar so lange, bis dem Tier das Bedürfnis kommt, einen anderen Platz zu suchen oder eine andere Haltung einzunehmen.

Alle diese Erscheinungen treten, wie gesagt, bei dem operierten Tiere auf, wenn man ihm die Augen verbindet. Bleiben die Augen des Versuchstieres während der Untersuchung offen, dann stellen sich die gleichen Erscheinungen nur unter der Bedingung ein, wenn das Tier die Manipulationen des Experimentators nicht beachtet, wenn es also nicht sieht, was jener mit seinen Gliedmaßen macht. Im entgegengesetzten Falle widersetzt sich das Tier der passiven Verschiebung der affizierten Glieder fast ebenso lebhaft, wie auch auf der gesunden Seite. (Daß man bei solchen Untersuchungen starke Stöße u. dgl. bei den Dislokationen der Gliedmaßen vermeiden muß, versteht sich von selbst.) Ich erkenne aus diesem Verhalten, daß die willkürliche Beherrschung der affizierten Extremitäten bei dem operierten Tier eine ungestörte ist.

Man kann dies auch auf andere Weise leicht feststellen. Macht man z. B. einen starken Stich in eine der kontralateralen Extremitäten des operierten Tieres, so erhebt es sie sofort und stellt sie auf einen anderen Platz. Auch wenn man seine Schnauze mit der Hand packt und versucht das Tier nach vorne zu ziehen, um es zur Widerstandsleistung anzuregen, so bedient es sich dazu stets der beiden Vorderextremitäten.

Wenn das Lokomotionsvermögen der operierten Tiere überhaupt beeinträchtigt wird, so ist diese Beeinträchtigung unter allen Umständen keine nennenswerte. Es handelt sich dabei um einen gewissen Grad von Ataxie. Auf glatter Fläche bewegt sich das Tier bei geöffneten Augen ziemlich regelrecht weiter, nur daß es bei Wendungen stets die Richtung der operierten Gehirnhemisphäre einschlägt. Nur beim Gehen auf unebener Fläche, sowie in jenen Fällen, wenn das Tier über irgendwelche Hindernisse schreiten soll, versagen ihm die affizierten Extremitäten nicht selten, indem sie außergewöhnliche Stellungen einnehmen, welche von dem Tier wenig oder gar nicht bemerkt werden.

Bei verbundenen Augen bewegt sich das Tier überhaupt merklich schlechter. Auf glatter Fläche übrigens vollziehen sich seine Lokomotionen noch recht erträglich, aber jedesmal, wenn das Tier sich schnell nach irgend einer Seite wenden soll, nehmen seine affizierten Gliedmaßen äußerst ungeeignete Stellungen ein und bieten den weiteren Lokomotionen dadurch ein gewisses Hindernis; soll das Tier dabei irgend ein Hindernis überschreiten, so erschwert dies seine Bewegungen noch um vieles mehr.

In diesen Fällen stößt die eine oder andere Extremität der kontralateralen Seite an begegnende Hindernisse an und dann stellt sie sich in Knieposition in höchst ungeschickte Weise ein, sodaß das Tier nicht selten dabei zu Boden stürzt, da es die Haltung seiner Extremitäten nicht zu korrigieren im Stande ist.

Die erwähnten Erscheinungen sind bei den operierten Tieren sämtlich längere Zeit zu beobachten. Nach Verlauf vieler Wochen kann man bei den Versuchstieren noch Erscheinungen von Anästhesie konstatieren, gewöhnlich aber treten die Störungen der Sensibilität mit der Zeit allmählich zurück und können an dem einen oder anderen Körperteil sogar ganz verschwinden.

Partielle Läsionen der in Rede stehenden Rindenregion liefern ebenfalls Erscheinungen von Hemianästhesie, aber diese sind dann weniger lebhaft ausgesprochen; die Sensibilität einzelner Gliedmaßen kann dabei mehr betroffen sein, als die Sensibilität anderer Gliedmaßen.

Im Falle der doppelseitigen Zerstörung der Parietalregion findet man Erscheinungen von Anästhesie auf beiden Seiten und zwar in einem höheren Grade, als bei unilateraler Zerstörung, eine Erscheinung, welche wahrscheinlich mit der unvollständigen Überkreuzung der sensiblen Leitungsbahnen zusammenhängt.



Figur 267.
Gehirn vom Hunde, mit Beschädigung des oberen lateralen Teiles des linken Parietalgebietes, zwischen Fissura ansata und confinis (Fissura enterolateralis), hinter der motorischen Zone der Gehirnrinde Störungen der Haarsensibilität.

Zugleich aber vermißt man bei bilateralen Zerstörungen der Rinde der Scheitellappen, ungeachtet der bestehenden Anästhesie, bei den Versuchstieren keinerlei Erscheinungen von Parese der Extremitäten; es können nur Bewegungsstörungen angetroffen werden, welche durch die bestehenden Alterationen der sensiblen Sphäre, namentlich des Muskelgefühls, bedingt sind. Die in der angegebenen Weise operierten Tiere schleppen daher die Beine nicht nach, es besteht auch kein Verlust der isolierten Bewegungen, zugleich aber verhalten sie sich total gleichgültig gegenüber einem Fremdkörper, welchen man ihnen unter eine der kontrahierten Extremitäten schiebt und nehmen die ihren Gliedmaßen gegebene künstliche Stellung nicht wahr, und beim Gehen korrigieren sie nicht sogleich die falsche Stellung, welche eine ihrer Gliedmaßen bei der Bewegung eines zufälligen Hindernisses eingenommen hat. Alles zeugt demnach dafür, daß die operierten Tiere bei erhaltenem Lokomotionsvermögen neben der bestehenden Anästhesie an Erscheinungen ataktischer Art leiden.

Außerdem ist durch Spezialuntersuchungen meines Laboratoriums (Dr. Čudnovski) dargetan worden, daß beim Hunde nach der Parietalregion zwischen der Fissura ansata und der Fissura confinis (Fissura entero-lateralis) unter Abschwächung der Hautsensibilität auch die Haarsensibilität verloren geht (Fig. 267), sodaß man nunmehr bei den operierten Tieren keinen der sonst vorhandenen Haarreflexe (an den Pfoten, Ohren usw.) hervorrufen kann.

Es ist nicht unmöglich, daß die perzeptorische Region der Gehirnrinde sich zum Teil auch auf die mediale Seite der Hemisphäre ausdehnt, und dies würde, falls es sich so verhält, uns für jene Veränderungen der Sensibilität eine Erklärung liefern, welche in den Experimenten von Horsley und Schäffer nach Zerstörung des Gyrus fornicatus zu beobachten waren, namentlich wenn man sich daran erinnert, daß bei solchen Läsionen auch das subkortikale Mark der Parietalregion in Mitleidenschaft gezogen wird. Was jedoch das Verhalten des eigentlichen Gyrus hippocampi zu der Sensibilität im Sinne der Ergebnisse Ferriers (s. oben) betrifft, so haben die nach dieser Richtung in meinem Laboratorium angestellten Untersuchungen ein negatives Resultat geliefert.

Ob innerhalb der hier betrachteten Rindenregion die Centra der Hautsensibilität und des Muskelgefühls eine getrennte Lage haben, ist schwer mit positiver Sicherheit zu entscheiden. In einzelnen Versuchen, wo es sich um partielle Läsionen der Parietalrinde handelt, fällt zwar ein gewisses Überwiegen der Hautanästhesie auf, während in anderen mehr die Muskelsensibilität alteriert erscheint; aber nichtsdestoweniger erscheint es nicht berechtigt, daraufhin allein auf eine strengere Abgrenzung der einzelnen Sinnesfelder für die Haut von denen für die Muskeln zurückzuschließen, denn für gewöhnlich weisen die Störungen der Sensibilität einen gemischten Charakter auf.

Große Schwierigkeiten hat es auch, wenigstens auf Grund der experimentellen Befunde, hier die Perzeptionsgebiete der einzelnen großen Körpersegmente gut von einander abzugrenzen. Es scheint aber, daß das Centrum für Antlitz und Kopf mehr außen und hinten lokalisiert ist; die Centra für die übrigen Körperteile schließen sich jenen in bestimmter Reihenfolge in der Richtung nach innen an.

Beachtenswert sind die in meinem Laboratorium nach der Methode der motorischen Assoziationsreflexe von Dr. Israelsohn ausgeführten Untersuchungen. Die schon bei anderen Untersuchungen in dem Laboratorium angewandte Technik der Experimente bestand darin, daß mittels eines durch einen Elektromagneten in Bewegung zu setzenden Stiftes an irgend einer Körperstelle — beim Hunde — ein leichter taktiler Reiz appliziert und gleichzeitig eine Vorderpfote mittels des elektrischen Stromes gereizt wurde, worauf das Tier mit Zuckung der betreffenden Pfote und Veränderung der Atmung reagierte. Nach einer Reihe solcher Assoziierungen von taktilem und elektrischem Reiz traten Zuckung der Pfote und Atemveränderung schon bei bloßer taktiler Reizung der betreffenden Stelle — ohne elektrische Reizung der Pfote ein, wie aus Fig. 270 ersichtlich. Der so ausgebildete motorische Assoziationsreflex besitzt eine genaue topographische Lokalisation an der Körperperipherie. Wenn er z. B. für taktile Reizung der Scheitelgegend ausgebildet worden ist, so tritt er nicht ein bei taktiler Reizung des Rückens (Fig. 271), noch mehr, wenn er für taktile Reizung im Bereiche eines Kreises mit einem Radius von 1 cm ausgebildet ist — in der Scheitelgegend —, so tritt er nicht ein bei taktiler Reizung an der Peripherie eines dem ersten konzentrischen Kreises mit einem Radius von 3 cm, also bei einem Fortrücken um etwa $1^1/_2 - 2$ cm von der üblichen Reizstelle (Fig. 269). Wird im Verlauf von etwa 4—6 Wochen der taktile Reiz nicht durch den elektrischen Strom unterstützt, so tritt

eine Erweiterung des Reflexareals ein, wie aus Fig. 272 ersichtlich, nach Wiederaufnahme der Unterstützung durch den elektrischen Strom kann das Reflexareal wieder bis auf die ursprünglichen Grenzen eingeengt werden. Gleichfalls eine Verbreiterung des Reflexareals, aber eine schon ständige tritt ein nach Entfernung der entsprechenden perzipierenden Rindencentra; bei einem Hunde wurde ein Assoziationsreflex für taktile Reizung der linken Scheitelgegend im Bereich eines Kreises mit einem Radius von 1 cm ausgebildet und darauf an der rechten Hemisphäre der unterste Teil der Gyri prae- und postcruciatus entfernt; der Reflex trat nun jetzt bei taktiler Reizung auch an der Peripherie eines dem ersten konzentrischen Kreises mit dem Radius von 3 cm ein (Fig. 268), was früher nicht der Fall war, ja sogar bei taktiler Reizung der ganzen Scheitel- und Hinterhauptsgegend und ließ sich nicht mehr einengen.

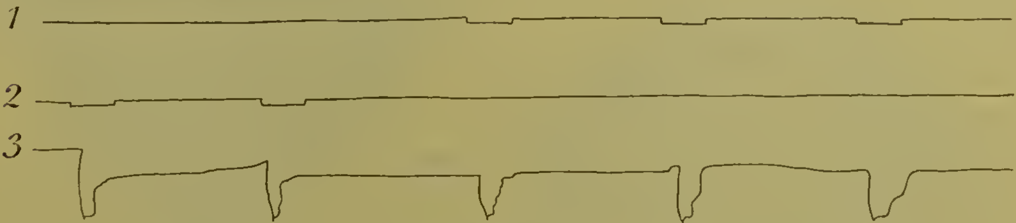


Fig. 268.

Kurve zur Demonstration der Verbreiterung des Reflexareals nach Entfernung der Perzeptionscentra der Hirnrinde.

1 taktile Reizung in dem peripheren Teil eines Kreises von 3 cm Radius; *2* taktile Reizung in dem peripheren Teil eines Kreises von 1 cm Radius; *3* Pfotenbewegungen.

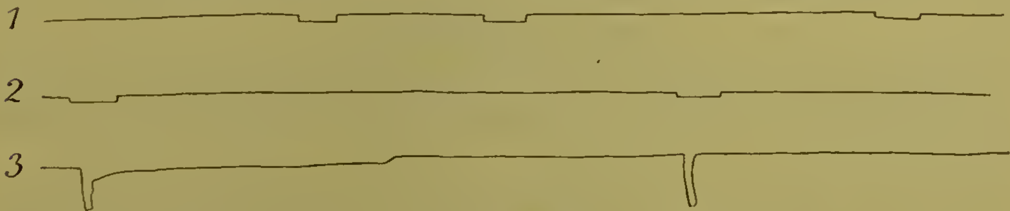


Fig. 269.

Kurve zur Demonstration der topographischen Lokalisation des Assoziationsreflexes.

1 taktile Reizung in dem peripheren Teil eines Kreises von 3 cm Radius; *2* taktile Reizung in dem peripheren Teil eines Kreises von 1 cm Radius; *3* Pfotenbewegungen.

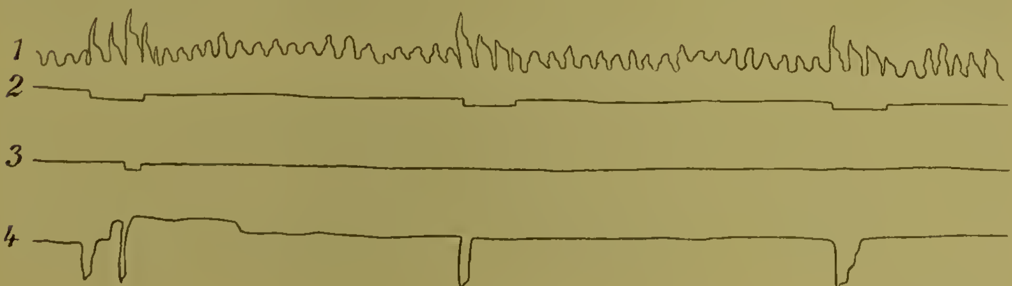


Fig. 270.

Kurven zur Demonstration eines erzogenen assoziativ-motorischen Reflexes auf Berührungsreiz seitens der Atmung und der Pfote.

1 Respiration; *2* taktiler Reiz; *3* elektrischer Reiz; *4* Bewegungen der Pfote.

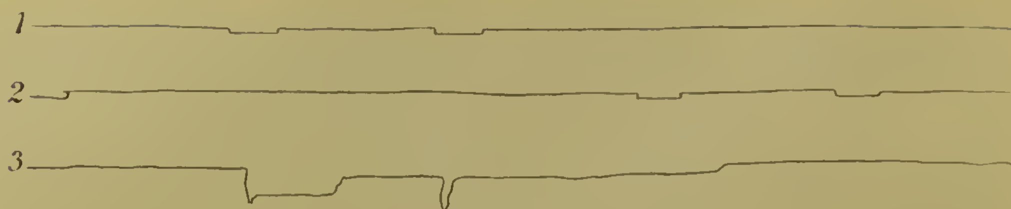


Fig. 271.

Kurve zur Demonstration der topographischen Lokalisation des Reflexes auf Berührungsreiz. Der Reflex tritt ein bei Berührung der gewöhnlichen Reizungsstelle am Scheitel, tritt aber nicht ein bei Reizung des Rückens.

1 taktile Reizung der gewöhnlichen Stelle am Scheitel; *2* taktile Reizung einer ungewöhnlichen Stelle (am Rücken), die keinen assoziativen Reiz bewirkt: *3* Bewegungen der Pfote.



Fig. 272.

Kurve zur Demonstration der Erweiterung des Reflexareales (Innervation), nachdem sechs Wochen lang eine Stromunterstützung nicht stattgefunden hat. Der assoziativ-motorische Reflex entsteht nicht nur bei Berührung der gewöhnlichen Reizstelle am Scheitel, sondern auch bei Berührung des Rückens.

1 taktile Reizung einer gewöhnlichen Stelle am Scheitel; *2* taktile Reizung einer ungewöhnlichen Stelle (am Rücken); *3* Bewegungen der Pfote.

3. Die Erscheinungen bei experimenteller Reizung der Parietalregion.

Es können nun von dem Parietalgebiet der Gehirnrinde aus mittels Stromreizung auch gewisse reflektorische Bewegungserscheinungen erzielt werden.

So z. B. erhielten Fritsch und Hitzig in ihren Versuchen am Hunde Kontraktionen der Gesichtsmuskeln von einem bestimmten Punkte der Scheitelregion, welcher ein wenig nach außen und hinten von dem Gyrus sigmoideus seine Lage hatte.

Luciani und Tamburini beobachteten ferner bei der Reizung des vorderen Teiles der zweiten Windung mit dem faradischen Strom Schließen des kontralateralen Auges.[1]) Es handelte sich hier also, wie auch in den Versuchen von Fritsch und Hitzig, um das Rindengebiet des sogenannten Augenfacialis.

Von dem Vorhandensein analoger Erscheinungen konnte ich mich ebenfalls durch Versuche an Hunden und Katzen überzeugen. Denn ich fand bei der Reizung der zweiten Windung ein wenig nach hinten von dem Außenstück des Gyrus sigmoideus (Fig. 273 und 274*r*) Rümpfen der kontralateralen Nasenhälfte und Aufwärtsziehen der Wangen bis zur Ausbildung von Zähnefletschen, wie im erzürnten Zustand des Versuchstieres.

---

[1]) Luciani e Tamburini, Ricerche sperimentali sullo funzione del cervello. Rivista sperim. di freniatria. 1879.

Von anderen Stellen dieser Region des Parietallappens können noch weitere Bewegungserscheinungen hervorgerufen werden.

Hitzig z. B. beobachtete, als er den oberen Teil der dritten und vierten Windung in der Nachbarschaft des hinteren Endes der Fissura Sylvii mit dem elektrischen Strome reizte, Vor- und Rückwärtsbewegungen der Ohren, Wendung des Kopfes nach der entgegengesetzten Seite, Rückwärtsziehen des Mundwinkels und der Wange der entgegengesetzten Seite und Lidschluß. Dabei erzielte man die



Fig. 273.
Die motorischen Rindencentra des Hundegehirns.



Fig. 274.
Die motorischen Rindencentra des Gehirns der Katze.

Rückbewegung der Ohren von einem mehr nach hinten gelegenen Punkte aus; Vorwärtsbewegungen der Ohren kamen von einem mehr nach vorne gelegenen Punkte aus zu Stande.

Ferrier bezeichnet sodann ein Centrum für Ohrstreckung und -kontraktion an Ort und Stelle der dritten Primärwindung unterhalb des Hinterendes der Fissura Sylvii.

Ebenso gibt Unverricht an der Außenfläche der Hemisphäre, ein wenig oberhalb des hinteren Endes der Fissura Sylvii einen Punkt an, dessen Irritation Kontraktion des kontralateralen Ohres ergab.[1] Er erkannte auch, daß nach außen und zum Teil nach hinten vom Gyrus sigmoideus besondere Centra für die Gesichts- und Augenmuskulatur vorliegen.

Bei meinen eigenen Untersuchungen über die Parietalregion der Rinde des Hundegehirns ermittelte ich außer dem vorhin schon erwähnten Centrum der Gesichtsmuskulatur zwei Gebiete (Fig. 273 *t*), von welchen das eine bei stattfindender Reizung Erheben und Geraderichten der kontralateralen Ohrmuschel (nicht selten unter gleichzeitiger Bewegung des homolateralen Ohres, das andere, etwas mehr nach außen von der vorigen Stelle gelegen, eine Anschmiegung der kontralateralen Ohrmuschel an den Kopf bewirkt. Ganz analoge Erscheinungen konnte

[1]) Unverricht, Arch. f. Psych. Bd. 14, S. 194.

ich annähernd von den gleichen Punkten auch bei der Katze hervorrufen. (Fig. 274*t*).[1])

Endlich sind von einer Stelle des Parietalgebietes aus, welche sich an der Grenze zwischen Gyrus sigmoideus und Hinterhauptlappen befindet, beim Hund und bei der Katze, Seitwärtsbewegungen der Augäpfel erzielbar (Fig. 273 und 274*s*). Dieses Centrum, welches schon Hitzig, Ferrier und Anderen bekannt war, ergab auch in meinen hierbezüglichen Versuchen eine entsprechende Wirkung.

Eine eingehende Untersuchung über dieses Centrum liegt von Mann vor.[2]) Pilz konnte in der gleichen Gegend der Parietalrinde einzelne Stellen für die Bewegungen der Augäpfel nach oben, nach innen, nach außen und nach unten, sowie für ihre radförmigen Drehbewegungen konstatieren.[2])

Für das Hundegehirn liefert Pilz folgende Definition der Lage des parietalen Centrums der Augenbewegungen: Es befindet sich im Bereiche des Centrums des Facialis und nimmt die laterale Hälfte des vorderen Teiles der zweiten Primärwindung ein. Es liegt zugleich nach innen vor dem sogenannten Augengebiet von Munk.[3])

Ebenso erzielte Silex vom Gebiete des Hitzig'schen Centrums mit Hilfe der elektrischen Reizung unilaterale Bewegungen der Augäpfel. Die Abtragung dieses Centrums bewirkte in den Versuchen von Silex Störungen der Augenbewegungen, und die nachträgliche Untersuchung der operierten Gehirne ergab den Befund von Faserdenegeration in der Richtung zum Thalamus, zur inneren Kapsel, zum Corpus geniculatum, zum Pes pedunculi und zum Vierhügel.[4])

Auch Pilz fand absteigende Faserdegeneration nach der Exstirpation des parietalen Centrums der Augenbewegungen; einen der Faserzüge konnte er zum vorderen Vierhügel verfolgen.

Silex und R. Du Bois Reymond äußern sich in dem Sinne, daß das im Parietalgebiet in der Nacharschaft des Facialiscentrums gelegene Centrum der Augenbewegungen im Sinne von Hitzig ausschließlich für das kontralaterale Auge bestimmt und im Dienste der willkürlichen Augapfelbewegungen stehen soll. Diesem Satz steht jedoch der Umstand entgegen, daß die Zerstörung dieses Centrums, wie aus den Versuchen von Silex hervorgeht, keinerlei paralytische Störungen der Augenbewegungen nach sich zieht.[5])

Durch Spezialversuche an Affen konnte ich ermitteln, daß vom ganzen Gebiet des Gyrus angularis aus in der Regel Bewegungen beider Augäpfel erzielt wurden, welche vorwiegend nach der Seite, zum Teil seit-aufwärts oder seit-abwärts gerichtet sind.

---

[1]) W. Bechterew, Physiologie der motorischen Zone der Gehirnrinde. Archiv pschiatr. 1886—1887.

[2]) Mann, Journ. of Anat. and Phys. XXX.

[3]) I. Pilz, Über centrale Augenmuskelnervenbahnen. Neurolog. Centralbl. 1902, No. 11.

[4]) Silex, Über die centrale Innervation der Augenmuskeln. Wiesbaden. 1899.

[5]) R. Du Bois Reymond u. Silex, Über kortikale Reizung der Augenmuskeln. Arch. f. Anat u. Pysiol. 1899, H. 1 u. 2.

Silex, Über die centrale Innervation der Augenmuskeln. Bericht über die 27. Versamml. d. ophthalm. Gesellsch. 1899, S. 84.

Aber außer Centren für die Augenbewegungen nach der Seite, nach oben und unten erzielt man von der Rinde der Parietalregion aus durch die Reizung einer bestimmten Stelle, welche im Bereiche des Gyrus angularis dicht vor dem oberen Ende der Fissura Sylvii ihre Lage hat, aktive Divergenzbewegungen der Augäpfel, verbunden mit Erweiterung der Pupillen.

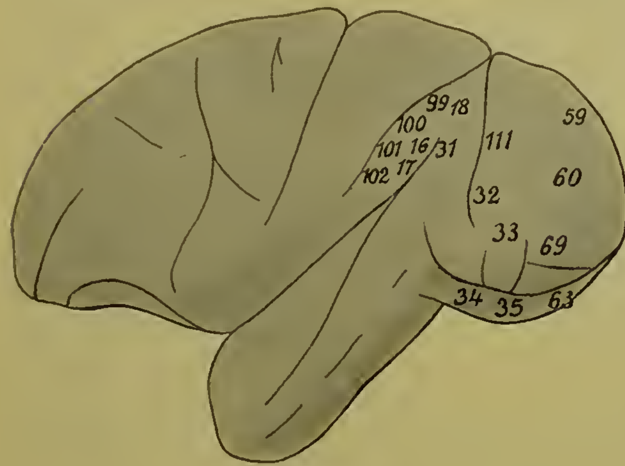


Fig. 275.

Gehirn von Macacus. — Es erfolgte auf Reizung der Punkte: *99* und *100* Deviation der Augen nach rechts und oben; *101* Deviation der Augen nach rechts und unten; *102* Deviation der Augen nach rechts; *16* Verengerung der Pupillen, Deviation der Augen nach oben und ein wenig nach vorne; *17* Erweiterung der Pupillen, Divergenz der Augenachsen wie beim Fernsehen; *18* hochgradige Deviation der Augen nach außen und ein wenig nach oben bei Verengerung der Pupillen; *31* Deviation der Augen nach rechts und ein wenig nach unten.

Alle diese Augapfelbewegungen, welche man von der Region des Gyrus angularis aus erhält, können durch die Zerstörung des vorderen Vierhügels aufgehoben werden. Daraus folgt, daß wir es hier mit Centren der unwillkürlichen Augenbewegungen zu tun haben, welche in gewissen Beziehungen zu der Funktion des vorderen Vierhügels stehen.

Von dem Parietalgebiet der Gehirnrinde aus können auch bei den Affen (Fig. 275) mehrere Reflexbewegungen ausgelöst werden. Schon Ferrier hat am Gehirn der Affen und anderer Tiere in der Scheitelhinterhauptregion eine Reihe motorischer Centren aufgefunden, welche Bewegungen der Augen, der Ohren und des Gesichts bedingen. Ich habe durch Spezialversuche nachgewiesen, daß man vom unteren Abschnitt der Parietalrinde zwischen unterem Ende des Sulcus postcentralis und der Vereinigungsstelle der Fissura Silvii mit der ersten Schläfenfurche klonische Kontraktionen der Muskeln der kontralateralen Gesichtshälfte, einschließlich der kontralateralen Augenlider erzielen kann, zum Unterschied von jenem Gesichtscentrum, welches auf der vorderen Centralwindung gelegen ist und nur Muskelkontraktionen im Bereiche der unteren Gesichtshälfte bewirkt.

Ferner ergibt das Rindenfeld, welches ein wenig nach unten von dem vorerwähnten Centrum in der Nähe der Fossa Sylvii gelegen ist, bei stattfindender Reizung Bewegungen der kontralateralen Ohrmuschel; noch weiter abwärts schließt sich ein Gebiet an, dessen Reizung weite Eröffnung der kontralateralen Lidspalte, Bewegungen des Kopfes nach der entgegengesetzten Richtung und Erweiterung der Pupillen ergibt.

Sodann können durch die Reizung der Parietalrinde im Gebiete des Gyrus angularis außer den schon erwähnten Veränderungen des Pupillen- und Akkommodationszustandes mannigfaltige Augapfelbewegungen hervorgerufen werden.

Geht man dem parietalen Abschnitt des Gyrus angularis entlang, von seiner oberen Ecke am Gipfel der Fissura Sylvii bis zum lateralen Teil dieser Windung, so stößt man auf Gebiete, deren Reizung assoziierte Augapfelbewegungen nach sich zieht. In der Nähe der oberen Ecke des Gyrus angularis erhält man Augapfelbewegungen nach der entgegengesetzten Seite und nach oben; im mittleren Teil der Windung Abduktion der Augen nach der entgegengesetzten Richtung, manchmal unter gleichzeitiger Konvergenz derselben; am lateralen Teil des Gyrus angularis endlich Augapfelbewegungen nach der entgegengesetzten Seite und nach unten.

Die Umschneidung dieser, sowie der vorerwähnten Centra vernichtet nicht den vorher erzielten motorischen Effekt, zum Beweise der selbständigen Existenz dieser Centra, während die Unterminierung dieser Centra, sowie ihre Zerstörung, keinerlei Lähmungserscheinungen nach sich zieht, woraus folgt, daß es sich hier um Centra reflektorischer Art handelt, welche auf reflektorischem Wege von den kortikalen Sinnesfeldern aus auf die subkortikalen Bewegungsapparate Einfluß üben. In diesem Sinne können die hier betrachteten Centra ihrer Bedeutung nach vollkommen den Reflexcentren in anderen Perzeptionsgebieten, so z. B. im Seh- oder Hörfelde, analogisiert werden.

Man erzielt also von der Parietalregion der Gehirnrinde aus durch Reizung bestimmte Bewegungserscheinungen von Seiten der Augen und des Kopfes, welche in ihrem Verhalten alle Eigentümlichkeiten von Reflexbewegungen offenbaren.

Es sei schließlich noch erwähnt, daß die Zerstörung der Parietalregion, wie mir Spezialversuche gezeigt haben, bei den Versuchstieren zuweilen zwangsweise Kreisbewegungen meist nach der Richtung der operierten Seite hervorruft, manchmal abgelöst von ebensolchen Bewegungen nach der dem Eingriff entgegengesetzten Seite. Diese Kreisbewegungen treten gewöhnlich in Gestalt von Anfällen auf und werden von seitlicher Deviation der Augäpfel begleitet, zeigen also alle Charaktere der Zwangsbewegung.

Man erkenne daraus, daß den Parietalregionen der Gehirnrinde auch gewisse Beziehungen zu der statischen Perzeption zukommen.

4. Die Pupillen- und Akkommodationscentra der Parietalregion.

Außer den im Vorstehenden namhaft gemachten Centren findet man in der Rinde des Scheitellappens auch Centren für die Pupillenbewegungen.

Dies bezeugen die Versuche von Ferrier, Mislavski, mir und die späteren Ermittelungen von Piltz, welcher eingehende Untersuchungen in meinem Laboratorium über das Verhalten der Pupillenbewegungscentra angestellt hat.

Nach Mislavski's Spezialuntersuchungen über den dilatierenden Einfluß der Gehirnrinde auf die Pupillen[1]) erzielt man von der Parietalregion aus eine noch stärkere Erweiterung der Pupillen, als bei der Reizung des vorderen Abschnittes des Gyrus sigmoideus.

[1]) N. M. Mislavski, Comptes rendus de la soc. de Biol. 1887. 13.

Durch Versuche an Affen habe ich erkannt, daß man vom Gebiete des Gyrus angularis aus hochgradige Pupillenbewegungen erzielen kann. Dabei erhält man von einem mehr lateral gelegenen Punkte aus Erweiterung, von einem diesem benachbarten, aber mehr medial gelegenen Punkte Verengerung der Pupille (Fig. 276 *a*, *b*).

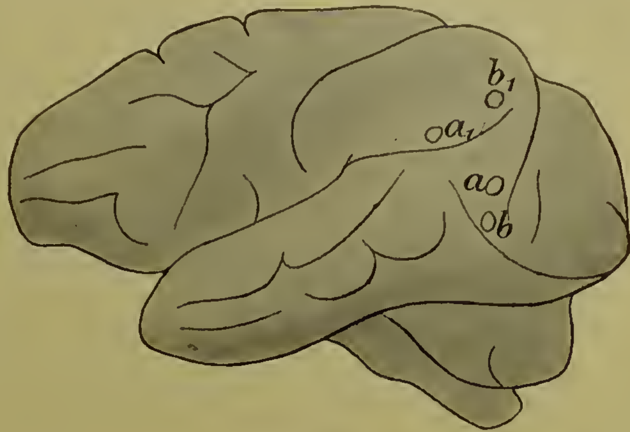


Fig 276.
Gehirnoberfläche von Macacus. — Es bewirkt die Reizung der Punkte *a*, *a'* Pupillenerweiterung, der Punkte *b*, *b'*. Pupillenverengerung.

Die Umschneidung dieser Pupillencentra hebt die erzielten Bewegungen nicht auf. Ebensowenig vernichtet die Abtragung der Pupillencentra im vorderen Hemisphärengebiet (s. weiter unten) die von der Parietalregion erzielbaren Wirkungen auf die Pupillen, woraus folgt, daß es sich im vorliegenden Falle nicht um Reflexwirkungen handelt, welche etwa durch Vermittlung der motorischen Centra übertragen werden, sondern um selbständige Impulse, welche von der Region der Parietalwindungen dem Gebiete des Hirnstammes übermittelt werden. Da dabei die Reizung des vorderen Vierhügels die erwähnte Wirkung auf die Pupillen, sowie auf die Augapfelbewegungen aufhebt, so ergibt sich, daß es sich hier um Impulse handelt, welche durch den vorderen Vierhügel hindurch auf die Muskulatur zur Wirkung gelangen.

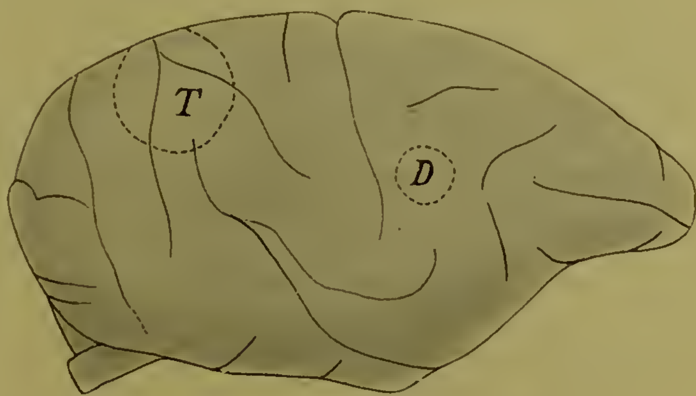


Fig. 277.
Gehirnoberfläche von Macacus. — Es bewirkt die Reizung der Punkte *T* und *D* Spannung der Akkommodation.

Weiterhin wurde durch Untersuchungen meines Laboratoriums (Dr. Bêlicki) dargetan, daß im hinteren Teile der Parietalregion des Hundes im Bereiche der zweiten und dritten Primärwindung bezw. im Bereiche des Gyrus angularis der Affen ein Centrum vorliegt, welches zu der Akkommodation in nächster Beziehung steht (Fig. 277 *T*).

Die Umschneidung dieses Centrums hatte auf die erzielte Wirkung keinen Einfluß. Ebenso hatte die Exstirpation des frontalen Akkommodationscentrums, von welchem später die Rede sein wird, keinen Einfluß auf die Tätigkeit des Akkommodationscentrums der Parietalregion.

Wohl aber vernichtete die Unterminierung des parietalen Akkommodationscentrums dessen Reizungseffekt definitiv.

Zu bemerken ist, daß die Irritation des parietalen Akkommodationscentrums stets eine zweiseitige Wirkung ergibt: Die Durchschneidung des entsprechenden Oculomotorius hatte dabei zur Folge, daß jene Wirkung nur auf der entgegengesetzten Seite auftrat.

Nichtsdestoweniger übt dieses Akkommodationscentrum seinen Einfluß auf die Akkommodation nicht direkt durch den Kern des Oculomotorius, sondern durch den Vierhügel. Denn die Zerstörung des Vierhügels hebt die Wirkung des in Rede stehenden parietalen Centrums auf die Akkommodation stets auf, während die Reizung des vorderen Akkommodationscentrums auch im Falle der Vierhügelläsion nach wie vor eine entsprechende Wirkung ergibt.

Man ersieht daraus, daß die hinteren Akkommodationscentra, wie auch die Pupillencentra, reflektorischer Natur sind.

5. Pathologische Beobachtungen.

Aus dem Gebiete der klinischen Erfahrung hat vor allem bereits Nothnagel einige Fälle von Affektionen der Parietallappen gesammelt, in welchen man Haut- und Muskelanästhesie beobachtete.[1])

Die von ihm angeführten Beobachtungen deuteten auf eine Lokalisation des Muskelgefühls im Parietallappen, insbesondere im Lobulus parietalis inferior.

Auch später sind analoge Fälle mitgeteilt worden.

Auf Grund des von ihm gesammelten Beobachtungsmaterials kam Nothnagel zu dem Schluß, daß auch die allgemeine Sensibilität im Scheitellappen lokalisiert sein muß, jedoch mit dem Bemerken, daß Störungen der Sensibilität noch kein Symptom sind, welches sich zur Diagnose einer Affektion der Gehirnrinde eigne.

Außerdem gibt es Fälle, wo man Anästhesie auch bei bestehender Affektion der medialen Abschnitte des Scheitellappens beobachtet hat. In mehreren derartigen Beobachtungen fand sich Anästhesie in Verbindung mit Erkrankungen der an der Innenfläche der Hemisphäre belegenen Teile des Scheitellappens bezw. des Praecuneus. Ich selbst habe mehrfach solche Zustände angetroffen. Sie sind offenbar Zeugen, daß die Haut-Muskelsphäre sich auch über die mediale Oberfläche des Scheitellappens ausbreitet.

Nach der Ansicht von Cl. de Boyer[2]) müssen die Störungen der Sensibilität in der „latenten“ (i. e. außerhalb des Gebietes der motorischen Centra gelegenen) Region der Gehirnrinde lokalisiert sein, er gibt aber nicht näher an, wo sich die Gegend befindet, deren Affektion Störungen der Sensibilität bewirkt.

Eine Trennung der motorischen von den sensiblen Fasern im Bereiche der Hemisphäre und der inneren Kapsel wird auch von Sachs

---

[1]) Nothnagel, Topische Diagnostik.
[2]) Cl. de Boyer, Études topographiques sur les lésions corticales des hémisphères cérébraux. Thèse de Paris. 1879.

angenommen. Er verlegt das Gebiet der Sensibilität in der Hemisphärenrinde nach hinten von der motorischen Region.[1])

Redlich sucht an der Hand einer ganzen Reihe von Fällen nachzuweisen, daß die sensiblen Bahnen getrennt von den motorischen sowohl in der inneren Kapsel, als auch im Bereiche der Hemisphären verlaufen. Nach seiner Meinung sind zwischen dem motorischen Bündel und dem Bündel für die allgemeine Sensibilität in der inneren Kapsel sowohl, wie im Bereiche der Hemisphäre auch die Bahnen für die Muskelsensibilität gelegen.[2])

Ballet läßt das Gebiet der Sensibilität nur in seinem vorderen Teil mit der motorischen Zone zusammenfließen; nach hinten soll es sich viel weiter, bis an die Occipitalregion, ausdehnen.[3])

Noch in neuester Zeit sind Beobachtungen beigebracht worden, welche zu Gunsten einer sensiblen Funktion des Parietalgebietes der Gehirnrinde sprechen.

Volle Beachtung verdient in dieser Beziehung eine Beobachtung von Bruns. Eine Neubildung, welche den Scheitellappen von außen nach innen komprimiert hatte, erzeugte Störungen des Muskelgefühls und der allgemeinen Sensibilität, verbunden mit Ataxie der Bewegungen. Bruns schloß daraus, daß die bestehenden Störungen der Sensibilität und die Ataxie auf eine Affektion der Scheitellappenrinde zu beziehen sind.[4])

Die Literatur liefert noch eine Reihe anderer analoger Fälle.

In dem von Durante erzählten Fall bestanden schwere Störungen der Sensibilität der oberen Extremitäten bei Vorhandensein einer Neubildung im Bereiche des kontralateralen Scheitellappens. Die beobachteten Störungen gingen nach Ablauf von 8 Stunden nach der operativen Entfernung des Tumors total zurück.[5])

Die Zahl dieser Beobachtungen ließe sich an der Hand der vorhandenen Materialien noch leicht um viele andere vermehren, ich kann hier jedoch auf diese Kasuistik nicht weiter eingehen.

Bemerkt sei indessen, daß es auch Beobachtungen gibt, in welchen bei bestehender Affektion des Gyrus fornicatus Hemianaesthesie auf der kontralateralen Seite gefunden wurde. So verhielt es sich beispielsweise in den von Muratov und Saville[6]) mitgeteilten Fällen. Andererseits nimmt Touche auf Grund des Tatbestandes in zwei von ihm beobachteten Fällen das Vorhandensein eines Sensibilitätscentrums im Gyrus fusiformis der Basalfläche des Gehirns an.[7])

Ich selbst hatte ebenfalls Gelegenheit, Hemianästhesie in Verbindung mit einer Neubildung zu bemerken, welche im Gyrus forni-

---

[1]) Sachs, Bau und Tätigkeit des Großhirns. Breslau. 1893.

[2]) Redlich, Über Störungen des Muskelsinnes und des stereognostischen Sinnes bei der cerebralen Hemiplegie. Wiener Klinische Wochenschr. 1893.

[3]) Ballet, Recherches anatomiques et cliniques sur faisceau sensitif et les troubles de la sensibilité dans les lésions du cerveau. Thèse de Paris. 1881.

[4]) Bruns, Zwei Fälle von Hirntumor mit genauer Lokaldiagnose. Neurolog. Centralbl. 1898, Nr. 17 und 18.

[5]) Durante, Brit. med. Journ. 1902. II, S. 1825.

[6]) Ref. in Neurolog. Centralbl. 1892, Nr. 5.

[7]) Touche, Pièces de localisation cérébrale. Gaz. hebd. de Méd. 1901. Nr. 35.

catus saß und einen Teil des Vorzwickels affiziert hatte. In diesem Fall konnte jedoch nicht ohne Grund angenommen werden, daß die Affektion auch die subkortikalen sensiblen Leitungsbahnen ergriffen hatte, welche aus der Parietalregion heraustreten, und dies lieferte eine hinreichende Erklärung für die Ausbildung der Hemianästhesie in diesem Fall. Mir scheint es, daß auch in anderen derartigen Fällen von Affektion des Gyrus fornicatus und vielleicht auch in solchen mit Affektion des Gyrus fusiformis die Möglichkeit einer analogen Entstehungsweise der Hemianästhesie nicht ausgeschlossen ist.

Zu beachten ist ferner, daß bei Affektionen im Bereiche der Parietalregion außer Erscheinungen von Hemianästhesie gewöhnlich auch Ataxie der Bewegungen vorhanden ist. Hierbezügliche Beobachtungen sind schon vor langer Zeit von Bernhardt beigebracht worden. Die in solchen Fällen bestehende Ataxie unterscheidet sich aber von jener Ataxie, welche man nach Durchschneidung der hinteren Wurzeln des Rückenmarks auftreten sieht, nur graduell, nicht aber dem Wesen nach, denn die Störungen der Regulation der Bewegungen sind überall im wesentlichen die gleichen.[1])

Was die paralytischen Störungen im eigentlichen Sinne dieses Wortes betrifft, so gelangen solche bei Affektionen der Parietalregion für gewöhnlich nicht zur Beobachtung, was auch vollkommen begreiflich ist, da die hier vorkommenden motorischen Centra, wie wir sahen, Centra reflektorischer Natur sind, deren Abtragung auch bei den Versuchstieren keinerlei Erscheinungen einer Paralyse der willkürlichen Bewegungen nach sich zieht.

Es verdient im übrigen Erwähnung, daß Grasset und Landouzi im Bereiche des Gyrus angularis Centra annehmen, welche für die Aufwärtsrichtung des oberen Augenlides bestimmt sein sollen.

Charcot und Pitres jedoch hielten eine genauere Lokalisierung dieses Centrums für undurchführbar, da Affektionen des in Rede stehenden Rindengebietes häufig von Lähmung des oberen Augenlides unbegleitet sind und solche Lähmung manchmal auch bei anderen cerebralen Affektionen zur Beobachtung kommt.

Andererseits muß in Gemäßheit der experimentellen Ergebnisse auch auf Grund der klinischen Beobachtungen in der Parietalregion der Hirnrinde ein Centrum für die Bewegungen der Augäpfel lokalisiert werden.

Schon Landouzi verlegte auf Grund klinischer Befunde vermutungsweise ein Augenbewegungscentrum in den unteren Scheitellappen.[2])

Grasset liefert in seiner Schilderung der Lokalisationsverhältnisse des Centrums für die Augen- und Kopfdeviationen eine Beurteilung von Ferrier's hierbezüglichen Befunden, denen zufolge zwei solche Centra unterschieden werden müssen: das eine im Stirnlappen am Fuße der zweiten Stirnwindung, das andere im Bereiche des die Fissura Sylvii umgebenden Gyrus angularis, wo nach Ferrier auch das Sehcentrum zu lokalisieren ist. Grasset hält Ferrier's Lokalisationen des Augen- und Kopfdeviationscentrums im Stirnlappen — offenbar mit

---

[1]) Bickel, Untersuchungen über den Mechanismus der nervösen Bewegungsregulation. Stuttgart. 1903.

[2]) Landouzi, De la déviation conjugée etc. Bull. de la soc. anat. de Paris. 1879.

Unrecht — nicht für zutreffend und nimmt an, daß dieses Centrum in das Gebiet der die Fissura Sylvii umgebenden Windungen, sowie in den Gyrus angularis zu verlegen sei.

Ferner eruiert Wernicke auf Grundlage einer eigenen Beobachtung und einer Reihe aus der Literatur zusammengebrachter Fälle die Lokalisation des Symptomes der Augen- und Kopfdeviation im unteren Scheitelläppchen, ein Satz, welcher die experimentellen Ergebnisse bezüglich des Vorkommens von Augenbewegungscentren im Parietalgebiet bestätigt.[1])

Man muß übrigens dabei nicht vergessen, daß Deviation der Augäpfel und des Kopfes nicht selten im Anfangsstadium von Hemiplegien während der Periode des Bewußtseinsschwundes beobachtet wird, sobald aber die Kranken zu sich kommen, verschwindet das Symptom in der Regel. Die relativ geringe Dauer des in Rede stehenden Symptomes führt Wernicke zu der Annahme, daß nicht eine Hemisphäre, sondern beide Hemisphären den Bewegungen der Augen und des Kopfes vorstehen. Infolge dieser bilateralen Innervation komme es denn auch zu einer schnellen Wiederherstellung der regelrechten Augenbewegungen bei kortikalen Affektionen.[2])

Wir sehen also aus dieser Zusammenstellung, daß sowohl die Ergebnisse des Tierexperimentes, als auch die klinischen Erfahrungen übereinstimmend einerseits für die sensible Natur der Scheitellappenrinde sprechen und andererseits auf das Vorkommen von Reflexcentren für die Augen- und Kopfbewegungen in diesen Rindengebieten hinweisen. Ebenso finden aber auch die Beziehungen der Parietalrinde zu der Ausbildung der zwangsweisen Kreisbewegungen eine Bestätigung in den klinischen Beobachtungen.

Zum mindesten beobachtete ich in einem schon früher erwähnten Fall, wo es sich um einen kleinen Tumor handelte, welcher in der hinteren Region der Scheitellappenrinde saß, hochgradig entwickelte Reitbahnbewegungen, welche in der Richtung zu der gesunden Hemisphäre erfolgten. Diese Reitbahnbewegungen stellten sich bei dem Kranken mit stereotyper Beständigkeit jedesmal ein, wenn er sich erheben wollte.

6. Allgemeine Ableitungen.

Aus vorstehender Darstellung erhellt, daß den Parietalregionen der Gehirnhemisphäre, und zwar deren vorderen Abschnitten, zunächst gewisse Beziehungen zu der Haut- und Muskelsensibilität zukommen. Darauf beruhen die bekannten Fälle von Ataxie der Bewegungen bei Affektionen der Scheitellappen. Außerdem enthält die Rinde des Scheitellappens einige motorische Centra reflektorischer Natur. Endlich ist im Hinblicke auf die vorher erwähnten Kreisbewegungen, welche man bei Affektionen des Parietallappens antrifft, anzunehmen, daß dieses Rin-

---

[1]) C. Wernicke, Herderkrankung des unteren Scheitelläppchens. Arch. f. Psych. 1889. Bd. 20.

[2]) C. Wernicke, Über Störungen der assoziierten Augenbewegungen. Arch. f. Psych. 1877. Bd. 7.

dengebiet auch in bestimmten Beziehungen zu der Perzeption der Empfindungen von der Lage des Körpers im Raume steht, welche der Hirnrinde durch die centralen Fortsetzungen der vorderen Kleinhirnschenkel übermittelt werden.

Daß die Spuren der taktilen Hautreize und die Bilder der Lage der Gliedmaßen im Raume sich in der Hirnrinde ablagern müssen, geht daraus hervor, daß Tiere ohne Hemisphären sich bei ihren Lokomotionen zwar der Muskelimpulse bedienen, aber gegen ungeschickte und unbequeme Stellungen ihrer Glieder sich vollständig gleichgültig verhalten, wenn man diese Lagerung der Gliedmaßen langsam und allmählich herbeiführt. Ebenso bleiben vorsichtig applizierte Tastreize bei solchen Tieren wirkungslos.

Demnach drängen alle vorhandenen Tatsachen und Beobachtungen zu dem Satze, daß in der Rinde der Parietalwindungen Centra für die Perzeption qualitativ differenzierter Haut- und Muskelreize in Form lokalisierter Tast-, Schmerz-, Wärme- und Muskelbilder vorhanden sein müssen.

Man muß dabei jedoch beachten, daß eine elementare Perzeption von Haut- und Muskelreizen in Gestalt undifferenzierter Spuren zweifellos schon in den subkortikalen Centren stattfindet, wobei in Abhängigkeit von der Stärke des äußeren Reizes auch die Lebhaftigkeit der entsprechenden Reaktion sich verändert.

Ferner darf man nicht vergessen, daß die Lokalisation der äußeren Hautreize schon durch die Funktion der subkortikalen Centra bestimmt wird. Denn nach vollzogener Exstirpation der Gehirnhemisphäre finden wir bei den operierten Versuchstieren eine Reihe streng lokalisierter Reflexe, so z. B. den Kratzreflex beim Hunde, das Zurückziehen der Pfote von dem stechenden Gegenstand, das Beißen der eigenen Pfote an Ort und Stelle der Reizung, die Abwehrbewegungen der Vorderbeine beim Ergreifen der Schnauze des Tieres usw. Offenbar ist also die allgemeine räumliche Anordnung der äußeren Hautreize schon in den subkortikalen Centren gegeben; anders sind wenigstens die vorhin namhaft gemachten Erscheinungen dem Verständnisse nicht zu erschließen.

Daß auch die Rinde an der Lokalisation der Außenperzeptionen Anteil nimmt, ist sicher, aber es handelt sich in der Rinde nicht um eine allgemeine räumliche Verteilung der Abdrücke bezw. Bilder der äußeren Reize, welche Verteilung, wie gesagt, schon subkortikal stattfindet, sondern um kompliziertere Vorgänge, bestehend in der räumlichen Formgebung des Tastabdruckes.

Daß dieser Prozeß, welcher die Perzeption der Außenform und der Dimensionen bedingt, Funktion der Rinde ist, dafür findet man Belege nicht nur in den Beobachtungen am Menschen, sondern auch im Tierexperiment. Der Hund ohne Hemisphären beißt in die eigene Pfote. Denn er hat offenbar nicht einmal die Möglichkeit, das Bild des stechenden Instruments nach außen zu projizieren. Der Vorgang der räumlichen Formgebung der Außenperzeption wird nur möglich auf Grund einer bestimmten Assoziation der Tastbilder mit den Bildern, welche von der Lage des tastenden Gliedes im Raume sich entwickeln, d. h. also mit Bildern, welche unter dem Einflusse der Muskelkontraktion entstehen. Auf das engste mit diesem Vorgange verbunden

ist auch die vorhin erwähnte Verarbeitung der Bilder in konkrete Tastmuskelbilder, welche die umgebenden Gegenstände bei ihrer Betastung zurücklassen (sog. stereognostische Eindrücke). Zu beachten ist jedoch, daß die Einverleibung dieser Bilder nicht in der Parietalregion, sondern vor der Parietalregion im Bereiche des hinteren Abschnittes des Gyrus sigmoideus bezw. der Centralwindungen stattfindet, in nächster Nachbarschaft einer ganzen Reihe funktionell bedeutungsvoller Bewegungscentra, welche in diesen Regionen sich ausbreiten.

III.

Das Gebiet der motorischen Rindencentra.

1. Die Bewegungsstörungen nach Abtragung des Gyrus sigmoideus bezw. der Centralwindungen.

An mehr oder weniger zutreffenden Schilderungen der Störungen, welche man im Falle der Entrindung des Gyrus sigmoideus bezw. der Centralwindungen der Primaten (Fig. 278) beobachtet, fehlt es nicht. Man wird jedoch vergebens zu bemerken suchen, daß diese Beschreibungen einen hinreichenden Grad von Vollständigkeit erreichen oder daß sie miteinander übereinstimmen. Ich werde daher im folgenden die Zustände, wie sie nach Läsionen der hier in Rede stehenden Rindengebiete auftreten, ganz und gar auf Grund eigener Beobachtungen darstellen[1]) und bemüht sein, hierbei auch jene Erscheinungen zu ihrem Rechte kommen zu lassen, welche bisher wenig oder gar nicht von anderen Autoren beobachtet worden sind.

Es seien hier zunächst die Erscheinungen, wie sie im Experiment an Hunden und Katzen sich darstellen, Gegenstand der Betrachtung.

Wenn man bei einem solchen Tier die ganze oder einen größeren Teil der motorischen Zone an einer der Hemisphären vorsichtig mit dem scharfen Löffel abträgt, so erkennt man, daß das operierte Tier dadurch noch nicht die Fähigkeit, zu gehen und zu laufen, verloren hat, wohl aber sieht man es mit den Nägeln der kontralateralen Pfoten in der ersten Zeit nach dem Eingriff immer wieder den Boden kratzen und im übrigen auffallend plump die Extremitäten gebrauchen, so daß die eine oder andere Extremität hin und wieder auf der Rückfläche des Fußes ruht oder eine Vorderextremität mit dem Knie voran zu Boden stürzt.

Es fällt zugleich auf, daß die geschilderten Störungen stets an der vorderen Extremität lebhafter ausgesprochen gefunden werden, als an der hinteren. Es kommt daher fast nie vor, daß das Tier auf das Knie des affizierten Hinterbeines stürzt.

Alle diese Erscheinungen pflegen beim Hund und bei der Katze gewöhnlich schon nach Verlauf einiger Tage zu verschwinden. Aber

---

[1]) W. Bechterew, Physiologie der motorischen Zone der Gehirnrinde. Arhiv psihiatr. 1886 u. 1887.

eine gewisse Ungeschicklichkeit im Gebrauche der affizierten Extremitäten bleibt bei den Versuchstieren in der Regel auf sehr lange Zeit bestehen; besonders bezieht sich dies auf die vordere Extremität der affizierten Seite. Diese Ungeschicklichkeit äußert sich darin in erster Linie, daß beide kontralateralen Extremitäten auf ebener Fläche namentlich beim schnellen Laufen nicht selten ausgleiten und seitwärts aus-

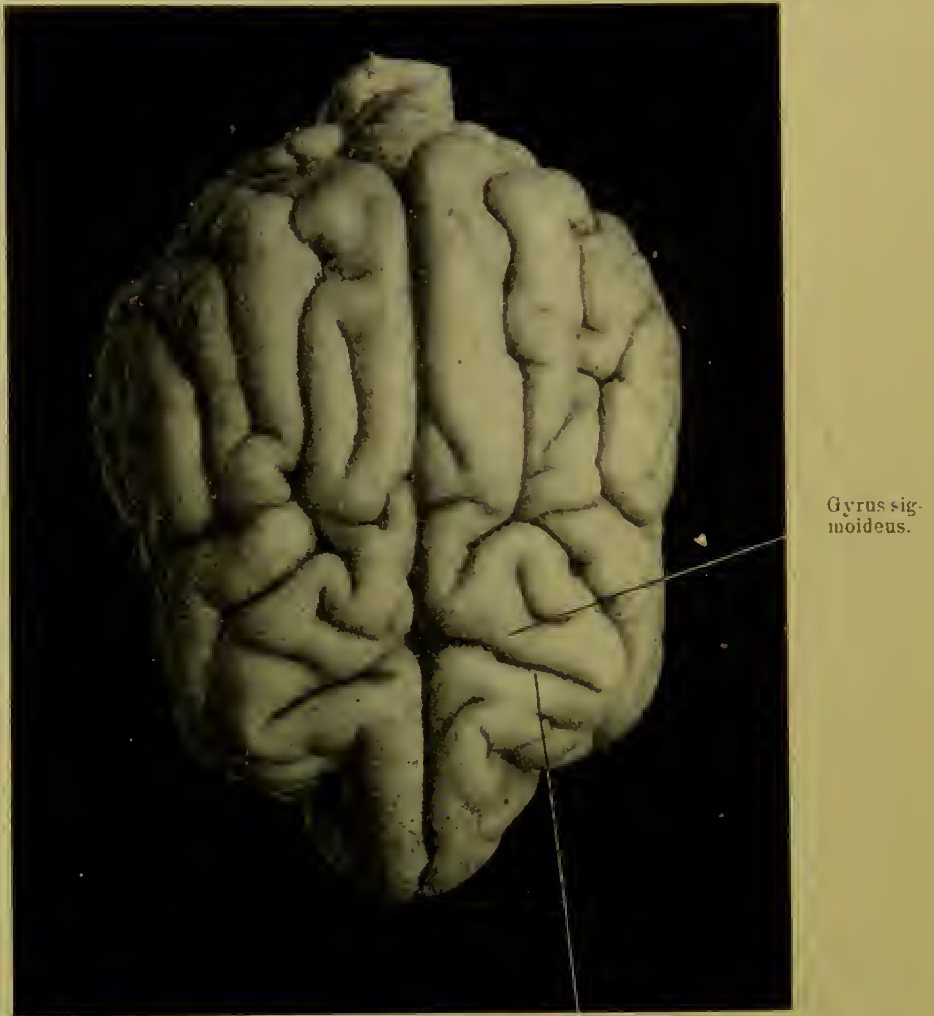


Fig. 278.
Obere Ansicht des Gehirns des Hundes. — Photographiert nach einem Präparat der Anatomischen Anstalt des Medizinischen Instituts zu St. Petersburg.

einanderweichen, weshalb das Tier nicht selten auf die Seite stürzt oder stehen bleiben muß, um eine mehr gesicherte Position einzunehmen.

Man bemerkt bei den operierten Tieren im allgemeinen eine erstaunliche Schwäche der beiden kontralateralen Extremitäten. Schon ein unerwarteter Stoß in der Richtung der affizierten Extremitäten ist völlig hinreichend, um das Tier zum Sturze zu bringen; bei einem Stoß nach der gesunden Seite dagegen stemmt sich das Tier gewöhnlich

mittels der hinteren Extremitäten lebhaft gegen den Erdboden und wirkt so dem drohenden Sturze entgegen.

Nach ausgedehnten Läsionen der motorischen Rindenzone vollführen die operierten Hunde, wenigstens in der ersten Zeit, manchmal Kreis- bezw. Reitbahnbewegungen in der Richtung der operierten Seite. Dabei den Rumpf nach der Seite der affizierten Extremitäten zu drehen ist das verletzte Tier entweder gar nicht im Stande oder diese Bewegung erscheint hochgradig erschwert, weil die affizierten Extremitäten, insbesondere die vordere, nicht selten zusammenknicken und das Tier auf das entsprechende Knie stürzt, wobei es nur mit großer Mühe die so entstehende Körperhaltung korrigiert. Außerordentlich instruktiv tritt diese Störung dann hervor, wenn man das Tier mit einem Brotschnitt anlockt und dieses nach und nach zur Seite der affizierten Extremitäten hinhält. Deutlich erkennt man diese Störungen auch in dem Falle, wenn das Tier über irgend ein Hindernis schreiten soll. Dabei stoßen die affizierten Extremitäten des Tieres, da es sie nicht hinreichend hoch heben kann, an den im Wege stehenden Gegenstand an und das Tier stürzt entweder sofort auf das Knie der vorderen Extremität oder postiert beide affizierten Extremitäten in ungemein plumper Weise und korrigiert ihre ungeschickte Stellung erst dann, wenn es sich zu weiteren Lokomotionen anschickt.

Nicht minder konstant treten die geschilderten Störungen unter der Bedingung hervor, wenn wir das operierte Tier zu Lokomotionen bei ungewohnter Rumpfhaltung antreiben. Nehmen wir einen gesunden Hund an beiden Hinterläufen auf und veranlassen wir das Tier durch beständiges Anstoßen gegen den Rumpf, sich auf den Vorderläufen weiter zu bewegen, so gelingt dies dem Tier bekanntlich sehr gut. Ebenso prompt führt das Tier unter analogen Verhältnissen Rückwärtsbewegungen aus. Wenn wir dann den Hund am vorderen Teil des Rumpfes aufheben und ihn so weit bringen, daß er sich auf den Vorderläufen allein vor- oder rückwärts bewegt, so disloziert er beide Hinterläufe vollkommen frei, ohne dabei irgend welche Schwierigkeiten zu empfinden. Entsprechend dressierte Hunde kommen ja auf den Hinterbeinen in aufrechter Körperhaltung gern heran, wenn man sie mit einem Stück Fleisch oder Brot anlockt.

Heben wir nun einen entrindeten Hund am hinteren Teil des Rumpfes bezw. an beiden Hinterläufen auf und veranlassen wir ihn durch allmähliches Vorschieben in der vorhin angegebenen Weise sich mittels der Vorderläufe vorwärts zu bewegen, so erweist sich, daß der affizierte Vorderlauf fast sofort unter dem Rumpfe zusammenknickt, sodaß das Tier nun jeder Möglichkeit einer weiteren Lokomotion beraubt ist. Wenn wir dann das Tier in der nämlichen Haltung rückwärts zu schleppen versuchen, so macht es regelrechte Schritte mit dem gesunden Vorderbein und zieht die affizierte Pfote am Boden nach.

Richtet man jetzt den operierten Hund am vorderen Teil des Rumpfes auf und treibt ihn in solcher Haltung zu Lokomotionen auf den Hinterläufen an, so knickt die affizierte hintere Extremität bei den Rückwärtsbewegungen sogleich unter dem Rumpfe zusammen und nun wird jeder weitere Lokomotionsversuch illusorisch; bei Lokomotionen nach vorn in der angegebenen Haltung stemmt sich das Tier mit dem gesunden Hinterlauf lebhaft an, wie dies auch alle anderen Tiere zu

tun pflegen, und leistet fast gar keinen Widerstand mit der erkrankten Extremität, die es passiv am Boden schleifen läßt.

Dieses Symptom, welches ich schon vor 20 Jahren genauer beschrieb[1]), kommt bei den entrindeten Tieren nach meinen Erfahrungen mit erstaunlicher Konstanz zu Beobachtung. Nicht selten findet man es noch mehr oder weniger gut ausgeprägt nach Verlauf vieler Monate und selbst nach Jahresfrist seit dem operativen Eingriff.

Das Klettern, diese hervorragende Spezialität unserer Hauskatze, geht nach vollzogener unilateraler Entrindung der motorischen Zone der Gehirnrinde immer noch von statten, aber die Katze erhebt dabei ihren Rumpf ausschließlich mit Hilfe der Extremitäten der gesunden Seite und stützt sich dabei nur ganz leicht auf die Extremitäten der operierten Seite. Dabei aber macht das operierte Tier mit der affizierten vorderen Extremität nicht nur jene mächtigen Ausladungen, welche eine der notwendigen Vorbedingungen des Kletterns bilden, sondern es rechnet auch nicht auf die Kraft dieser Extremität bei dem Erheben des Rumpfes.

Man erkennt aus dieser Schilderung, daß die Versuchstiere nach unilateraler Abtragung der motorischen Zone zwar noch gehen, laufen und selbst klettern können, daß dabei aber eine erstaunliche Schwäche und Ungeschicklichkeit beim Gebrauche der beiden kontralateralen Extremitäten zu Tage tritt. In allen den Fällen, wo bei den Lokomotionen energischere oder ungewöhnliche Bewegungen notwendig werden, welche nicht zur Kategorie der assoziierten lokomotorischen Bewegungen gehören, werden die Leistungen der affizierten Extremitäten insuffizient, sie funktionieren regellos oder versagen ganz.

Erwähnt sei zum Schluß, daß bei einigen Hunden in der ersten Zeit nach dem Eingriff Kreisbewegungen nach der Seite der Affektion eintreten. Diese Bewegungen verschwinden übrigens sehr bald. Manchmal haben sie einen deutlich anfallsweisen Charakter, wie alle übrigen Zwangsbewegungen.

a) Der Ausfall der Einzelbewegungen.

1. Erscheinungen bei den höheren Säugetieren.

Abgesehen von den geschilderten Störungen findet man an den operierten Tieren mit großer Beständigkeit das Unvermögen, mit den affizierten Extremitäten Einzel- bezw. Sonderbewegungen auszuführen.

Man kann z. B. mit dem in der angegebenen Weise entrindeten Hund unschwer folgenden Versuch anstellen. Wenn der Hund ruhig auf seinem Platz steht, und wir eine seiner gesunden Extremitäten aufheben und dann loslassen, so senkt diese sich sofort zu Boden und wird von dem Tier wie vorher zur Unterstützung des Rumpfes verwendet. Machen wir nun einen ganz analogen Versuch mit einer der affizierten Extremitäten, so wird diese Extremität, sobald man sie freiläßt, nicht zu Boden gesenkt und das Tier bedient sich ihrer nicht zur Unterstüzung des Rumpfes, sondern läßt sie so lange passiv herabhängen, bis es gelegentlich seinen Platz verläßt; dann zieht es auch die affizierte.

---

[1]) Vgl. das Zitat der vorigen Fußnote.

bis dahin in herabhängendem Zustande gehaltene Extremität wieder zum Gebrauch heran. Überhaupt läßt das Tier die affizierten Extremitäten, wenn man sie passiv in der einen oder anderen Weise disloziert hat, unbestimmt lange Zeit in der neuen aufgezwungenen Haltung; es genügt aber, das Tier ein wenig anzustoßen oder aufzuheben oder an einer der gesunden Extremitäten zu ziehen, damit es sich sogleich der affizierten Extremität behufs Erhaltung des Rumpfes im Gleichgewichte bedient.

Unter anderen verdient folgender Versuch an dem operierten Tier Erwähnung:

Wenn man einen gesunden Hund so auf den Tisch stellt, daß eine der Extremitäten auf dem Fallbrett zu stehen kommt und man nun letzteres schnell umkippt, so zieht der Hund für gewöhnlich das Bein sofort zurück. Versuchen wir dies aber mit einem operierten Hund und plazieren wir einen seiner Läufe auf das Fallbrett, so hebt das Tier im Augenblick des Herabfallens des Brettes die affizierte Extremität nicht auf und kommt dabei häufig zum Sturze. Wenn ich das operierte Tier auf einem Tisch so plazierte, daß eine seiner affizierten Extremitäten über den Rand des Tisches herabhing, so vermochte es diese nicht wieder über den Tischrand hinweg anzuziehen, während ihm dies leicht mit jeder der gesunden Extremitäten gelingt. Selbst wenn man die überhängende Extremität mit Nadelstichen reizt, vermag das Tier sie nicht wieder aufzunehmen, wohl aber erhebt es sich dann mit den drei auf der Tischplatte befindlichen Beinen und sucht sich auf diese Weise den weiteren Insulten zu entziehen.

Leicht gelingt bei den operierten Hunden auch folgender zuerst von Hitzig beschriebene Versuch:

Wenn man den Hund in die Luft hebt, so läßt er die affizierte Extremität für gewöhnlich passiv herabhängen, während die anderen Läufe an den Rumpf angezogen werden. Wenn man den in dieser Lage befindlichen Hund nun mehrmals mit einer großen Nadel sticht, so braucht man mit der Nadel nur in die Nähe einer gesunden Extremität zu kommen, damit das Tier diese sofort zurückreißt, während das Tier im Falle der Annäherung der Nadel an die affizierte Extremität diese nach wie vor passiv herabhängen läßt, gleichzeitig aber bei dem Anblick der Nadel in lautes Geheul und Gebell ausbricht.

Bringt man den operierten Hund, wie dies in meinen Experimenten oft geschah, in aufrechte Stellung, so läßt er den Vorderlauf der operierten Seite gewöhnlich herabhängen, während die entsprechende Extremität der gesunden Seite meist in leicht erhobener Stellung gehalten wird. Erhält das Tier nun einen Stich in eine Extremität der gesunden Seite, dann reißt es diese sofort zurück und zieht sie noch fester, als vorher, an den Rumpf an; schickt man sich aber an eine Extremität der affizierten Seite zu stechen, so vermag das Tier, trotz größter Unruhe und Angst vor dem drohenden Stich, diese Extremität nicht an den Rumpf anzuziehen, noch auch sie zu erheben, wie es dies in solchen Fällen mit der Extremität der gesunden Seite tut (Fig. 279).

Ich fand ferner, daß der operierte Hund, wenn man seine Schnauze insultiert oder ihn mit beiden Händen am Kopfe anpackt, bei allen seinen Versuchen, sich dem insultierenden Instrument zu entziehen oder den Kopf aus den Händen des Experimentators zu befreien, sich

dabei stets des gesunden Vorderlaufes bedient; die entsprechende affizierte Extremität macht in diesen Fällen nur sehr beschränkte Exkursionen und Mitbewegungen, die nicht ihr Ziel erreichen. — Ganz analoge Erscheinungen beobachtet man auch, falls dem Tiere die Augen verbunden werden. Zu dieser Manipulation verhalten sich Hunde und Katzen



Fig. 279.
Hund mit Zerstörung der Region des linken Gyrus sigmoideus. — Das rechte Bein bleibt, bei erhobenem vorderem Rumpfabschnitt, herabhängend, das linke wird an den Rumpf angezogen.

bekanntlich nicht ganz gleichgültig, wenigstens versuchen sie in der ersten Zeit nach dem Verbande diesen mit den Pfoten abzureißen. Nach vollzogener Abtragung der motorischen Zone einer Hemisphäre bedienten sich meine Versuchshunde zur Entfernung der Augenbinde stets nur der Extremität der gesunden Seite, und nahmen, so unbequem es auch war, in diesem Fall mit einer einzigen Extremität zu mani-

pulieren, in diesem Fall nie zu dem Vorderlauf der operierten Seite Zuflucht.

Ebenso packt der operierte Hund beim Benagen eines Knochens seine Beute stets nur mit der Extremität der gesunden Seite an und bedient sich wenigstens eine gewisse Zeit lang nach der Operation der affizierten Extremität nicht. Auch die in analoger Weise operierten Katzen gebrauchen nach meinen Beobachtungen zum Reinigen der Schnauze immer nur ihr gesundes Vorderbein, nie bringen sie dabei beide Vorderbeine zur Aktion, und noch weniger die affizierte vordere Extremität allein. Nähert man der operierten Katze ihren Erbfeind, den Hund, dann wehrt sie sich und schlägt stets nur mit dem Vorderbein der gesunden Seite aus, nicht aber bedient sie sich des Vorderbeines der operierten Seite zur Abwehr.

Auch verdient der Umstand Beachtung, daß die operierte Katze, falls sie mit den Pfoten der gesunden Seite in einen Tümpel gerät, diese stets sorgfältig abstreift; nie aber tut sie dies mit den Extremitäten der affizierten Seite.

Bei mechanischer Reizung der seitlichen Rumpfpartien eines entrindeten Hundes vollführt das Tier schnelle Kratzbewegungen in der Luft, aber diese unzweifelhaft reflektorisch bedingten Bewegungen verfehlen gewöhnlich ihr Ziel und das operierte Tier erweist sich tatsächlich außer Stande, eine richtige Kratzbewegung auszuführen.

Schon Goltz ist bekanntlich darauf aufmerksam geworden, daß ein dressierter Hund nach einseitigen ausgedehnten Läsionen der vorderen Hemisphärenpartien völlig unfähig geworden ist, auf Wunsch die Pfote der lädierten Seite zu reichen, statt deren er immer die Pfote der gesunden Seite hinhält.

In meinen Versuchen verloren die Hunde die Fähigkeit des Pfotereichens bei isolierter Abtragung der motorischen Centra des Gyrus sigmoideus.

In einem meiner Versuche verlor ein dressierter Hund, welcher auf den Hinterbeinen zu gehen verstand, nach der Abtragung der motorischen Zone der Gehirnrinde vollständig diese Fähigkeit. Wenn man den Versuch machte, diesen Hund auf die Hinterbeine zu stellen und ihn in dieser Stellung zum Gehen zu bewegen, knickte das Hinterbein der affizierten Seite sofort zusammen und der Hund stürzte auf dieser Seite zu Boden.

Bezüglich der Innervation der Muskeln, welche Lidschluß erzeugen, bezüglich der Bewegungen der Augäpfel, der Zungen- und Kiefermuskeln, des Kauens und Schluckens, sowie bezüglich der Innervation der Respirationsmuskeln ist es mir nicht gelungen, bei den operierten Tieren irgendwelche Veränderungen zu bemerken. Dies beruht offenbar auf der bei diesen Tieren gut ausgebildeten bilateralen Innervation der genannten Muskelsysteme.

Ebensowenig wird man an dem Verhalten der Gesichtsmuskeln im Ruhezustande des Versuchstieres irgend welche besonderen Erscheinungen wahrnehmen können. Indessen kontrahierten sich bei einigen der operierten Hunde, wenn das Tier fraß oder sich die Lippen leckte, die Muskeln der kontralateralen Gesichtshälfte merklich schwächer, als auf der entsprechenden Seite. Doch erfolgen alle Grimassen, wenn das

operierte Tier böse wird, an beiden Gesichtshälften stets in symmetrischer Weise, ein Punkt, welchen ich schon an einem anderen Orte ausdrücklich hervorgehoben habe.

2. Die Erscheinungen bei niederen Säugetieren.

Überhaupt weisen die operierten Tiere hinsichtlich der Ausdrucksbewegungen in Zuständen des Zornes u. dergl. keine wesentlichen Unterschiede gegen gesunde Tiere auf.

Was die unter dem Range des Hundes stehenden Versuchstiere (Kaninchen, Meerschweinchen, Maus) betrifft, so will ich, ohne im einzelnen die Folgeerscheinungen der Zerstörung der motorischen Zone der Gehirnrinde bei diesen Tieren eingehend zu schildern, hier nur kurz bemerken, daß derartige operierte Tiere bezüglich ihres Lokomotionsvermögens kaum irgendwelche Störungen aufweisen, und zwar nicht einmal in der ersten Zeit nach dem Eingriff. Aber die isolierten Gliedmaßenbewegungen gehen bei diesen Tieren auf der kontralateralen Seite fast ganz verloren. Schiebt man z. B. dem operierten Kaninchen eines der Beine unter den Rumpf, so bleibt es so mit geknicktem Bein stehen, bis man es zu Lokomotionen antreibt, in welchem Fall es dann auch das affizierte Bein versetzt.

Ferner gelingt der Versuch mit dem Fallbrett an diesen Tieren ebenso leicht wie beim Hunde.

An operierten Mäusen endlich bemerkt man, wenn sie klettern, das gleiche Vermögen, sich der Extremität der kontralateralen Seite zu bedienen, wie bei der Katze.

3. Die Erscheinungen an Affen bei unilateraler Zerstörung der motorischen Centra.

Weitaus auffallender, als beim Hund und bei der Katze, gestalten sich die Folgeerscheinungen der Zerstörung der Centralwindungen bei den Affen, ein Verhalten, bezüglich dessen sämliche Beobachter mit einander übereinstimmen.

Die Erscheinungen, welche man bei den Affen nach Zerstörung sämtlicher motorischer Centra einer Gehirnhemisphäre beobachtet, erinnern in jeder Hinsicht an das Bild der Hemiplegie, wie es unter analogen Verhältnissen bei dem Menschen sich entwickelt.

Sie bestehen wesentlich darin, daß zunächst die Augäpfel und der Kopf eine Deviation aufweisen, welche übrigens nur in der ersten Zeit nach dem Eingriffe auffällt. Beide kontralateralen Extremitäten hängen herab. Beim Gehen stützt sich das Tier hauptsächlich auf beide Extremitäten der gesunden Seite und relativ wenig auf das Hinterbein der affizierten Seite; das Vorderbein der affizierten Seite läßt das Tier gewöhnlich passiv herabhängen.

So hinkt oder humpelt das Tier im buchstäblichen Sinne auf drei Beinen, das in der Luft herabhängende Vorderbein der affizierten Seite nachschleppend. Zu klettern ist ein solches Tier fast ganz außer Stande, denn es hat die Fähigkeit verloren, sich mit den affizierten Extremitäten an den Sprossen und anderen Gegenständen festzuhalten.

Der operierte Affe vermeidet es sogar, Sprünge zu machen, da er sich nicht mit dem affizierten Hinterbein anstemmen und auf das Vorderbein der affizierten Seite stützen kann.

Was die Greifbewegungen betrifft, so sind dieselben auf der Seite der Affektion total aufgehoben. Hingeworfene Brotstücke oder andere Gegenstände werden stets mittels der gesunden, nicht mit der affizierten Extremität ergriffen, welch letztere überhaupt an keinerlei isolierten Bewegungen teilnimmt. Der Affe bedient sich, wenn er sich kratzt, nie der affizierten Extremität, kann sich mittels dieser Extremität nicht an den Gegenständen der Umgebung festhalten und zwar nicht einmal in dem Falle, wenn er von einer Leitersprosse, auf welche er gesetzt wurde, herabzusteigen im Begriffe ist. Wenn das Tier erzürnt ist, schlägt es den Feind immer mit der gesunden, nie mit der anderen Extremität. Große Schwierigkeiten bieten sich dem Tier ferner in Fällen, wenn es sich beider Arme bedienen soll. Stellen wir den operierten Affen aufrecht, so hängt die vordere Extremität der operierten Seite, wie man ohne weiteres erkennt, passiv herab, im Gegensatz zu der Vorderextremität der gesunden Seite.

In dieser aufrechten Stellung erinnert das Tier an einen gewöhnlichen Hemiplegiker. Denn auch das Hinterbein der affizierten Seite dient dem Rumpfe dann in gleichem Maße zur Stütze, wie das Hinterbein der gesunden Seite. Die Analogie mit dem Hemiplegiker wird noch dadurch gesteigert, daß auch bei dem Affen nach der Operation stets ein deutliches Herabsinken der unteren Gesichtshälfte auf der entsprechenden Seite und eine Deviation dieser Gesichtshälfte nach der entgegengesetzten Seite stattfindet; mit der Zeit kommt es zur Ausbildung einer Flexionskontraktur der vorderen Extremitäten und einer weniger auffallenden Streckkontraktur der hinteren Extremitäten. Wenn man das Tier beim Fressen beobachtet, so erkennt man unschwer, daß die kontralaterale Gesichtshälfte sich tatsächlich in einem paretischen Zustande befindet, während das Tier, wenn es zornig ist, auf beiden Seiten des Gesichts nahezu die gleiche Grimasse schneidet.

Auch bei dem operierten Affen kommt es, wie beim Hunde, in der ersten Zeit nach der unilateralen Abtragung der Centralwindungen zur Ausbildung von Reitbahnbewegungen nach der operierten Seite.

Nach Abtragung der motorischen Centra (Dr. Protopopow in meinem Laboratorium) gehen die in der früher angegebenen Weise erzogenen assoziativ-motorischen Reflexe verloren. Bei einseitiger Zerstörung der motorischen Region konnte bei den Hunden der assoziativ-motorische Reflex auf das gleichseitige Vorderbein von neuem erzogen werden; auf das entgegengesetzte Vorderbein aber war der früher erzogene Reflex auf immer erloschen und ließ sich trotz einer Unzahl von Assoziationen nicht mehr hervorrufen.

b) Die Dauer der Erscheinungen nach der Abtragung des Gyrus sigmoideus bezw. der Centralwindungen.

Die soeben geschilderten Folgeerscheinungen sind in auffallender Weise jedoch nur in der ersten Zeit nach der Entrindungsoperation vorhanden. Im Verlaufe der Zeit werden diese Störungen nach und nach

schwächer. Dabei erkennt man, daß die Aufbesserung der Bewegungsstörungen um so schneller und im Endresultat um so vollständiger vor sich geht, je niedriger das Tier in der Rangleiter steht. Beim Kaninchen, beim Meerschweinchen oder bei der Maus gehen die Bewegungsstörungen nach unilateraler Zerstörung der Gehirnrinde gewöhnlich schon in den ersten Wochen nach dem Eingriff so weit zurück, daß sie nur durch aufmerksame Untersuchungen bemerkt werden können. Dagegen bei der Katze und beim Hunde sind einige der Störungen nach Ablauf von Monaten und Jahren noch mehr oder weniger lebhaft ausgeprägt. Bei den Affen endlich und bekanntlich auch beim Menschen tritt nach Zerstörung der motorischen Centra einer Hemisphäre mit der Zeit zwar eine gewisse Besserung des Zustandes ein, aber ein Teil der Störungen bleibt auf immer bestehen.

Zuerst gehen dabei, wie sich bei aufmerksamer Prüfung herausstellt, jene Bewegungsstörungen zurück, welche die lokomotorischen Funktionen betreffen. So z. B. verschwinden diese Störungen bei niederen Tieren (Meerschweinchen, Kaninchen, Maus), wo sie an und für sich wenig ausgesprochen sind, wie gesagt, schon in den ersten Tagen oder Wochen nach der Entrindungsoperation am Gyrus sigmoideus.

Von längerem Bestande sind diese Störungen beim Hunde und bei der Katze; aber nach Verlauf einiger Wochen sind Störungen beim Gehen oder Laufen bereits nicht mehr zu bemerken. Nur wenn das Tier ein Hindernis nehmen soll, tritt die mangelhafte Beherrschung der kontralateralen Extremitäten sofort in mehr oder weniger lebhafter Weise zu Tage. Beim Klettern zeigt die Katze noch viele Wochen nach vollzogener Operation merkliche Störungen der Motilität des kontralateralen Vorderbeines. Es handelt sich aber bei diesen Bewegungsstörungen nicht so sehr um eine Alteration des lokomotorischen Mechanismus, als vielmehr um einen gewissen Ausfall der Einzelbewegungen an den Gliedmaßen, welche dem Tier zu den Körperlokomotionen dienen.

Was die Affen betrifft, so erfahren die Störungen der Motilität, soweit sie sich zunächst auf das Lokomotionsvermögen des Tieres auf ebener Fläche, also auf das Laufen und Gehen beziehen, im Laufe der Zeit wohl eine wesentliche Besserung, aber vollständig verschwinden sie, wie es scheint, auch nach vielen Monaten nicht. Ich konnte solche Störungen in einzelnen Fällen noch nach 1—2 Jahren bei derartigen Tieren beobachten, so daß man sagen kann, daß hier nur eine bedeutende Abschwächung der Störungen, nicht aber eine volle Restitution der Motilität eintritt.

Es ist vorhin bereits erwähnt worden, daß bei den Affen nach der Exstirpation der motorischen Centra einer Gehirnhemisphäre im Laufe der Zeit sich Kontrakturen ausbilden, hochgradige insbesondere an der Vorderextremität. Dieses Verhalten steht einer vollen Restitution der lokomotorischen Bewegungen offenbar sehr im Wege.

Auch diese Kontrakturen, welche schon Ferrier aufgefallen sind, bilden bei den Affen eine mehr oder weniger stationäre Erscheinung: sie gehen für gewöhnlich nie zurück.

Ganz anders verhält es sich bei den operierten Tieren mit jener Gruppe der Bewegungsstörungen, welche in dem Unvermögen zu

isolierten Gliedmaßenbewegungen sich äußern. Diese Störungen bleiben bei allen Versuchstieren ohne Ausnahme sehr lange bestehen, ohne eine wesentliche Aufbesserung zu erfahren. Einige dieser Störungen bleiben anscheinend auf immer zurück, und zwar nicht bei dem Affen, sondern auch bei der Katze und beim Hunde.

So z. B. lernten es die von mir operierten Affen erst nach Verlauf vieler Monate wieder, mit der affizierten vorderen Extremität die Gegenstände zu ergreifen, aber sie konnten sich des Vorderbeines zur Ausführung von Einzelbewegungen nie so gut, wie der entsprechenden gesunden Extremität bedienen, sondern setzten in allen Fällen ausnahmslos die Hinterbeine in Aktion und nahmen zu der affizierten Extremität nur in Ausnahmefällen ihre Zuflucht.

In allen meinen Versuchen bemerkte ich bei den operierten Affen einen deutlichen Defekt im Gebrauche der Extremität zu Einzelbewegungen selbst dann noch, wenn sie nach Verlauf vieler Monate bereits wieder greifen gelernt hatten. Bringen wir z. B. eine Kirsche, bekanntlich ein beliebter Leckerbissen des Affen, an die gesunde Extremität, so wird diese sofort ergriffen und in den Mund befördert; nähert man die Kirsche aber an die affizierte vordere Extremität, so bedient sich das Tier dieser Extremität, trotz der großen Nähe des Leckerbissens, gewöhnlich nicht, sondern greift danach mit der gesunden Extremität, so unbequem dies ihm auch sein mag.

Wenn sich die Bewegungsstörungen dann gebessert haben, vermag die affizierte Extremität auch schon isolierte Bewegungen auszuführen, aber das Tier bevorzugt immerhin noch die gesunden Extremitäten und nimmt nur in Ausnahmefällen zu der Mithilfe der affizierten Extremität seine Zuflucht. So z. B. greift der Affe in der Periode eingetretener Besserung der Bewegungsstörungen, wenn er nach vielen vergeblichen Versuchen eingesehen hat, daß man die Frucht ihm nicht in die gesunde Hand geben wird, diese schließlich mit der affizierten Hand, aber da er nicht im Stande ist, die Frucht mit der kranken Hand zum Munde zu führen, krümmt er sich mit dem Kopf und dem oberen Teil des Rumpfes zu der kranken Extremität und nimmt die Frucht dann schließlich mit dem Munde auf. Der Gebrauch der affizierten Extremität als Werkzeug war also auch noch in diesem Stadium hochgradig eingeschränkt.

Auch bei den operierten Hunden und Katzen kam es zwar mit der Zeit zu einem gewissen Fortschritt beim Gebrauche der Extremitäten als Werkzeug, aber daß ein solches Tier nach mehr oder weniger vollständiger Abtragung der motorischen Zone der Gehirnrinde es je wieder gelernt hätte, sich der Gliedmaßen der affizierten Seite zu Einzelbewegungen ebenso gut zu bedienen, wie der gesunden Extremitäten, habe ich bisher in keinem meiner Versuche nachweisen können. Wenn die operierten Hunde es mit der Zeit auch lernten, die erkrankte Extremität zum Knochenbenagen zu gebrauchen, so waren sie selbst vor Verlauf vieler Monate noch außer Stande, wieder in früherer Weise die Pfote zu reichen.

Hitzig beobachtete bekanntlich an einem seiner Versuchshunde, welcher im Apparate suspendiert war, noch $2^1/_2$ Jahre nach der Operation jenes Symptom mit der auf die Pfote der operierten Seite gerichteten Nadel, von welchem früher bereits die Rede war.

Ich bemerkte vorhin bereits, daß eine Katze, wenn ihr sämtliche motorischen Centra der einen Hemisphäre total exstirpiert wurden, gegen einen herankommenden Hund mit der Extremität der gesunden Seite ausschlägt. Aber eine der von mir so operierten Katzen, die sich unter analogen Verhältnissen ebenfalls immer nur der Vorderextremität der gesunden Seite bediente, nahm, wenn sie erzürnt war, manchmal neben der gesunden auch die kranke Extremität in Anspruch.

Ich kenne andererseits keinen Fall, wo eine operierte Katze es je gelernt hätte, die affizierte Extremität zum Reinigen der Schnauze zu benutzen. Vielmehr tut sie dies selbst nach Verlauf von Monaten nach der Operation immer wieder mit der gesunden Pfote.

Ebenso benutzen die Versuchstiere niederen Ranges (Kaninchen, Meerschweinchen, Maus) noch viele Wochen und Monate nach der Abtragung der motorischen Centra der Gehirnrinde zum Reinigen des Gesichts immer nur die Pfote der gesunden Seite, keineswegs aber nahmen sie dafür die affizierte Pfote in Anspruch.

c) Die Erscheinungen bei partiellen Läsionen des Gyrus sigmoideus bezw. der Centralwindungen.

Wenn man nun, anstatt den Gyrus sigmoideus bezw. die Centralwindungen total abzutragen, nur einzelne Centra dieses Rindengebietes lädiert, dann kommt es nicht zur Ausbildung halbseitiger, sondern lokaler Störungen der Motilität der centralen Seite.

Dieses Verhalten unterliegt gegenwärtig als unbestreitbar nicht der weiteren Diskussion. Es verdient hier eine Erwägung nur aus dem Grunde, weil Goltz seiner Zeit behauptete, daß es nicht gelingen soll, durch Rindenzerstörung bei den Versuchstieren isolierte Paralysen einer der kontralateralen Extremitäten zu erzeugen.

Übrigens hat Hitzig schon längst dargetan[1], daß man mittels lokaler Zerstörungen des Gyrus sigmoideus des Hundes isolierte Paralysen der einen oder anderen Extremität hervorzurufen vermag.

Die gleiche Tatsache war auch schon früher von mir festgestellt worden.[2]

Es versteht sich von selbst, daß derartige Monoplegien bei den Affen weitaus lebhafter ausgesprochen sind, als bei anderen Tieren. Nach partieller Exstirpation der Centra erscheint die hinzugehörige Extremität total paralytisch, wenigstens in der ersten Zeit nach der Läsion.

In sehr hohem Grade ausgeprägt findet man die Bewegungsstörungen in derartigen Fällen dann, wenn alle oder mindestens der größte Teil der Centra, welche zu dem betreffenden Glied (vordere oder hintere Extremität) gehören, exstirpiert werden. Im anderen Fall sind die Bewegungsstörungen weniger auffallend und können schon bald nach der Operation nahezu vollständig verschwinden.

---

[1]) Hitzig, Berlin. Klin. Woch. 1880, Nr. 40.
[2]) W. Bechterew, Physiologie der motorischen Zone der Gehirnrinde. Archiv psihiatr. 1886—1888, S. 48.

d) Die Folgeerscheinungen der doppelseitigen Zerstörung des Gyrus sigmoideus der Centralwindungen.

Es ist nun zu untersuchen, welche Störungen in dem Fall auftreten, wenn man die Region des Gyrus sigmoideus bezw. der Centralwindungen auf beiden Seiten abträgt und welche Dauer diese Folgeerscheinungen haben.

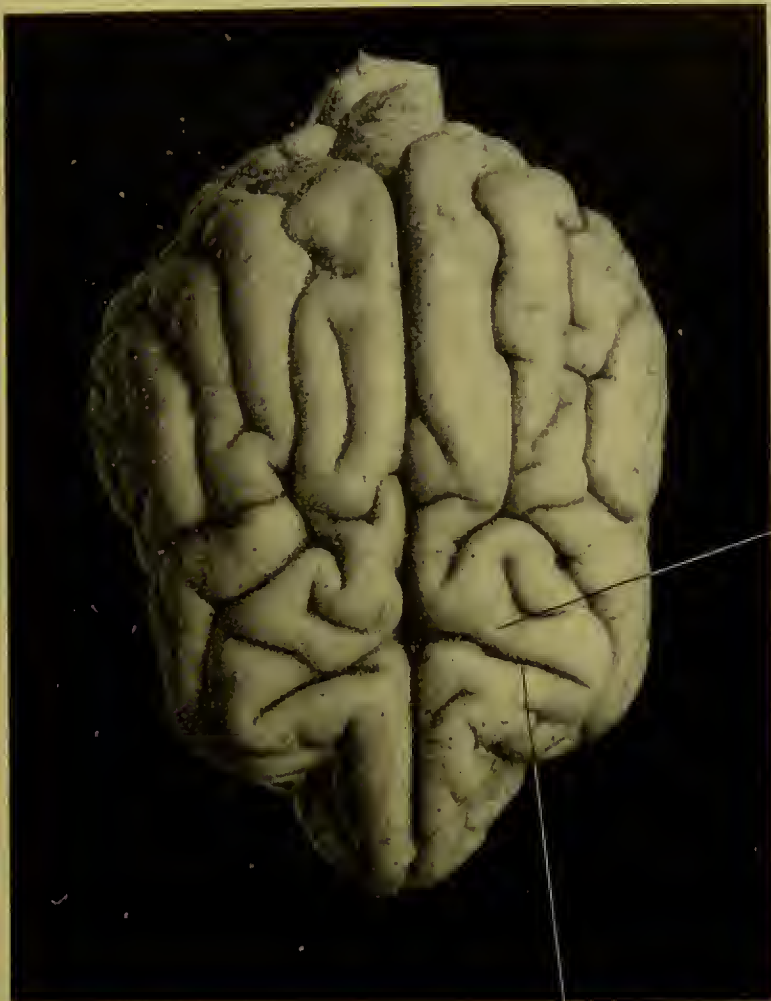


Fig. 280.
Obere Ansicht des Gehirns des Hundes. — Photographiert nach einem Präparat der Anatomischen Anstalt des Medizinischen Instituts zu St. Petersburg.

Aus meinen hierbezüglichen Versuchen geht mit Sicherheit hervor, daß die Bewegungsstörungen in diesem Fall abgesehen von ihrer bilateralen Ausbreitung weitaus schwerer und anhaltender sind, als bei unilateralen Läsionen der Gehirnrinde.

Bei den Hunden und Katzen, welchen ich beide Gyri sigmoidei total exstirpierte, waren die Bewegungsstörungen, welche als Folge des Eingriffes auftraten, im allgemeinen viel schwächer ausgesprochen,

als bei den Affen unter analogen Bedingungen, aber immerhin erreichten sie auch hier sehr hohe Grade der Ausbildung.

So z. B. erweist sich ein Hund in der ersten Zeit nach einem derartigen Eingriff meist völlig außer Stande, sich vom Boden zu erheben. Er macht für gewöhnlich anfänglich viele vergebliche Versuche dazu, aber jedesmal schieben sich seine Extremitäten dabei weit auseinander und er stürzt wieder zu Boden. Wenn man, trotz dieser unfruchtbaren Anstrengungen, das Tier durch starke Außenreize dennoch zu Bewegungen zu veranlassen sucht, dann stürzt es zuweilen plötzlich voran, fällt aber meist schon nach wenigen Schritten wieder zu Boden.

Erhebt man das Tier, indem man es am Bauche anhält, so macht es für gewöhnlich richtige Laufbewegungen in der Luft, die an Schwimmbewegungen erinnern; sobald man es aber auf die Beine stellt, beginnt es sofort lebhaft hin- und herzuschwanken und stürzt alsbald zu Boden.

Nach Ablauf von einem oder mehreren Tagen gehen diese Störungen gewöhnlich schon so weit zurück, daß das Tier sich wieder spontan erheben kann, wenn es auch jetzt noch nur mit großer Mühe und äußerst ungeschickt sich bewegt und dabei hin- und herschwankt. Beim Gehen kratzt es fortwährend mit den Nägeln der Pfoten am Boden herum, bleibt manchmal auf dem Handgelenk einer der Vorderextremitäten stehen und gleitet auf glattem Boden fast beständig aus und stürzt dann hin.

Zu bemerken ist auch, daß der Hund bei seinen Lokomotionen stets in gerader Linie vorwärts läuft und total unfähig ist, Rumpfwendungen auszuführen; versucht er dies, dann fällt er fast immer zu Boden.

Auch vermag der Hund nicht die geringsten Hindernisse zu überschreiten. In der Mehrzahl der Fälle macht er nicht einmal den Versuch dazu; in anderen Fällen stürzt er, an das Hindernis mit der Pfote anstoßend, zu Boden. Von irgend welchen isolierten Gliedmaßenbewegungen kann dabei nicht die Rede sein.

Hunde und Katzen werden nach dem angegebenen Eingriff unfähig, ihre Beute mit den Pfoten zu fassen, sie können sich das Gesicht nicht putzen, nicht ihren Kopf aus den Händen des Experimentators befreien, auch nicht mit den Vorderbeinen sich der Augenbinde entledigen; sie ziehen ihre Gliedmaßen nicht vor drohenden Insulten zurück und werfen nicht mit den Hinterbeinen ihre Exkremente rückwärts.

Wurden beide Gyri sigmoidei total abgetragen, dann können die Tiere in der ersten Zeit meist nicht kauen und nicht einmal mit den Lippen das Futer erfassen. Schließlich können sie es nur in dem Falle, wenn man ihnen den Bissen weit nach hinten in den Rachen schiebt. Infolge dieser Funktionsdefekte müssen derartige Versuchstiere in der ersten Zeit nach der Operation künstlich gefüttert werden.

Daß dressierte Hunde nach einem derartigen Eingriff weder „Pfote reichen" noch „sitzen", noch sich auf den Hinterbeinen erheben können, versteht sich von selbst. Ebenso kann eine operierte Katze sich der Vorderbeine nicht zum Putzen der Schnauze bedienen, ebensowenig gebraucht sie diese zur Abwehr oder zum Klettern, welches daher dem Tier nunmehr unmöglich wird.

Ferner sind die operierten Tiere unfähig geworden, sich mit dem Rumpf seitwärts zu wenden. Sie sind unfähig, sich in gewohnter Weise zu kratzen, wenn sie auch bei mechanischer Reizung ihrer Rumpfseite Kratzbewegungen in der Luft ausführen, welche unzweifelhaft reflektorischer Natur sind.

Wegen aller dieser Funktionsdefekte erweisen sich derartige Tiere als ganz unfähig, ihren Körper rein zu halten und man findet sie daher schon sehr bald nach der Operation mit zahlreichem Ungeziefer bedeckt.

Was die Ausdrucksbewegungen (Knurren, Brummen usw.) betrifft, so bleiben dieselben bei Einwirkung entsprechender Außenreize nie aus, wie ich dies schon vor langer Zeit (zuerst 1884) nachgewiesen und später auf Grund meiner Untersuchungen über die motorische Zone der Gehirnrinde stärker betont habe.

Zu bemerken ist ferner, daß bei den operierten Tieren nicht selten eigenartige Bewegungsstörungen an den Augen vorkommen, bestehend in seitlichen tremorartigen Bulbusbewegungen, welche insbesondere dann lebhaft hervortreten, wenn man das Versuchstier in irgend einer Weise beunruhigt.

Schließlich findet man nach Exstirpation der Gyri sigmoidei bei den Versuchstieren häufig Tremor der affizierten Gliedmaßen, eine Erscheinung, welche Pasternacki schon vor langer Zeit bemerkte und auch ich an vielen von mir operierten Tieren antraf. Dieser Tremor ist hier wahrscheinlich Ausdruck einer paretischen Schwäche der Glieder.

1. Die Restitution der Motilität nach bilateraler Abtragung des Gyrus sigmoideus bezw. der Centralwindungen.

Die durch die Gehirnoperation hervorgerufenen Bewegungsstörungen verlieren bei den operierten Tieren im Laufe der Zeit mehr oder weniger an Lebhaftigkeit. Dies betrifft insbesondere das Lokomotionsvermögen. Die Versuchstiere lernen es schon sehr bald, wieder frei umherzugehen und zu laufen. Nichtsdestoweniger bleiben die Lokomotionen derartiger Tiere immer ungleichmäßig, bis zu einem gewissen Grade an den Hahnengang der Ataktiker erinnernd. Das Tier lernt es, wenn auch mühsam, geringere Hindernisse zu überschreiten. Aber die Fähigkeit, sich bei emporgehobenem Rumpfe auf den Vorderbeinen oder Hinterbeinen allein zu bewegen, ist den operierten Tieren total verloren gegangen.

Auch die Fähigkeit, den Rumpf und Hals scharf seitwärts zu wenden, ist bei solchen Tieren entweder in höchstem Grade herabgesetzt oder ganz aufgehoben. Lockt man einen operierten Hund mit einem Stück Brot, das man in der Luft nach verschiedenen Richtungen herumführt, an, so vermeidet er es, scharfe Rumpfwendungen zu machen, sondern beschreibt entsprechend den Bewegungen des Brotstückes mehr oder weniger weite Kreise.

Einige komplizierte Bewegungen, wie z. B. das Kauen und Schlucken, sind bei den Tieren ebenfalls restitutionsfähig; andere komplizierte motorische Akte, wie z. B. die Kratzbewegungen, kehrten im Laufe der Zeit nur bis zu einem gewissen Grade wieder. Kratzt man einem operierten Hund nach Wochen oder Monaten seit dem Eingriff den Rücken, so vollführt er bereits ausgiebige Kratzbewegungen mittels der entsprechenden Hinterextremität, welche indessen auch jetzt noch ihr Ziel verfehlen.

Ergreift man das Tier an der Schnauze und zieht diese unter Verschluß von Nase und Mund vorwärts, so streckt es unter starken Atembewegungen gewöhnlich beide Vorderextremitäten nach vorn aus, als wollte es seinen Kopf befreien, allein die Beinbewegungen erreichen in diesem Fall meist nicht ihr Ziel. In der ersten Zeit nach der Operation versuchte das Tier aber nicht einmal solche Befreiungsversuche mit den Vorderbeinen, falls man es in der angegebenen Weise insultierte.

Offenbar erfährt auch diese zusammengesetzte Bewegung bei den Versuchstieren mit der Zeit eine gewisse Vervollkommnung, wenn es auch schwer ist, mit Bestimmtheit zu sagen, ob sie je definitiv restituiert wird.

Wenn nun die lokomotorischen und anderen komplizierten Bewegungen der operierten Tiere im Verlaufe der Zeit sich mehr oder weniger wesentlich aufbessern, so gilt dies von den isolierten Bewegungen weitaus nicht in gleichem Grade; diese Bewegungen gehen vielmehr anscheinend für immer verloren. Selbst nach Verlauf vieler Monate seit der Operation lernten meine Versuchshunde es nicht, die Pfote zu reichen und ihre Vorderbeine zu isolierten Bewegungen, z. B. zum Ergreifen eines Knochens, zu gebrauchen, so daß sie das Knochenbenagen in der Mehrzahl der Fälle total verlernten. Klügere Hunde nehmen in solchen Fällen, wenn ihnen der Gebrauch der Vorderbeine verloren ging, manchmal die Dienste eines natürlichen Hindernisses, einer Wand und dergl. in Anspruch, woran sie den Knochen anstützen und ihn dann abnagen.

Was das Verhalten der niederen Säugetiere (Kaninchen, Meerschweinchen) betrifft, so findet man auch hier nach Abtragung der motorischen Zone der Gehirnrinde im allgemeinen die gleichen Störungen, nur daß die lokomotorischen Bewegungen solcher Tiere unzweifelhaft nur in einem relativ geringen Grade affiziert werden. In der Regel können solche Tiere nach bilateraler Abtragung der motorischen Zone der Gehirnrinde sich vollkommen frei aufrecht halten, sie können gehen und sogar laufen, wobei nur eine gewisse Ungeschicktheit im Gebrauch der Extremitäten, besonders der vorderen, auffällt, welche manchmal mit der Rückenfläche der Pfote nach unten gehalten werden.

Wenn ein äußerer Anlaß dazu vorhanden ist, können solche Tiere sogar Sprünge machen, nur stellen sie dabei, wie auch beim Laufen, ihre Extremitäten ungeschickt auf, indem sie sie gelegentlich sich auf die Dorsalfläche, anstatt auf die Plantarfläche, sich stützen lassen.

Was die Zweck- oder isolierten Bewegungen betrifft, so gehen dieselben auch hier ebenso verloren, wie bei den höheren Säugetieren. Das operierte Meerschweinchen z. B. reißt nicht die angelegte Augenbinde mit den Pfoten ab, auch putzt es sich das Gesicht nach dem Fressen; faßt man es am Rumpfe und sticht es ein wenig mit der Nadel in eine Pfote, so gibt es sich keine Mühe, dem insultierenden Instrument auszuweichen, wie dies sonst gesunde Tiere gewöhnlich zu tun pflegen.

Bezüglich der Ausdrucksbewegungen ist zu bemerken, daß sie hier ebensowenig wie bei den höheren Säugetieren erlöschen, aber nicht spontan, sondern immer nur auf Grund irgend eines äußeren Anlasses, also reflektorisch hervortreten. Wenigstens geben alle solche Tiere, wenn ein entsprechender äußerer Anlaß dazu vorliegt, verschiedene Töne

von sich; operierte Kaninchen erzeugen, wenn man sie mit fortwährenden Insulten belästigt, zuweilen ein charakteristisches Geräusch mit den Hinterpfoten.

2. Die Folgeerscheinungen der zweiseitigen Abtragung der Centralwindungen bei den Affen.

Wenn man einem Affen beide Centralwindungen abträgt, so erscheint er nach der Operation total hilflos. Er kann nicht nur nicht gehen, sondern sich nicht einmal aufrecht halten.

Hebt man ihn am Rumpfe auf, dann macht er meist schlecht koordinierte Greif- oder Schwimmbewegungen mit den Extremitäten, ein Zeichen, daß der lokomotorische Mechanismus, unbelastet von der Körperschwere, noch regelrecht funktioniert.

Suchen wir den Affen nun aufzustellen, dann postiert er seine Extremitäten auffallend ungeschickt; sie schieben sich nicht selten dabei unter den Rumpf oder gleiten aus und werden weithin nach den Seiten gespreizt, sodaß das Tier ganz außer Stande ist, sich aufrecht zu erhalten und daher umfällt.

Alle diese Erscheinungen findet man bei den Affen wenigstens in den ersten Wochen nach der Entrindung. In meinen Fällen zeigten die operierten Tiere noch nach Verlauf einiger Wochen keine wesentliche Besserung der Bewegungsstörungen.

Ganz unfähig erweisen sich die operierten Affen zur Ausführung irgend welcher isolierter Bewegungen mit den Gliedmaßen. Sie sind unfähig, eine leckere Frucht mit der Hand zu ergreifen und zwar selbst in den Fällen, wenn man ihnen die Frucht auf die Handfläche legt.

Außerdem sind die operierten Affen nach zweiseitiger Abtragung der motorischen Zone nicht einmal zu kauen im Stande. Das Futter bleibt daher, selbst wenn man es den Tieren in den Mund schiebt, ungekaut und ungeschluckt. Nur in dem Falle, wenn man dem Tiere flüssige Nahrung in den Rachen einführt, wird diese prompt verschluckt.

Es verdient auch Beachtung, daß die in der angegebenen Weise operierten Affen sich auffallend gleichgültig benehmen und falls ein äußerer Antrieb dazu fehlt, spontan überhaupt keine Ausdrucksbewegungen vollführen. Bei stärkeren Außenreizen jedoch wird der operierte Affe jedesmal zornig und fletscht die Zähne.

e) Gesamtübersicht der motorischen Störungen nach Abtragung des Gyrus sigmoideus bezw. der Centralwindungen bei verschiedenen Tieren.

Man findet also, wie aus vorstehender Darstellung sich ergibt, bei sämtlichen untersuchten Tierformen (Affen, Hunden, Katzen, Kaninchen, Meerschweinchen, Maus) im Gefolge der Exstirpation der Rinde des Gyrus sigmoideus bezw. den Centralwindungen beider Gehirnhemisphären zwei Reihen motorischer Störungen:

1. die einen betreffen die Verhältnisse der statischen Koordination und die lokomotorischen Bewegungen,

2. die anderen beziehen sich auf den mehr oder weniger totalen Verlust sämtlicher Zweckbewegungen der kontralateralen Extremitäten.

Was die Zweckbewegungen betrifft, so gehen sie sämtlichen untersuchten Tierformen nach der Entrindung der Gyri sigmoidei bezw.

der Centralwindungen mehr oder weniger vollständig verloren. Dagegen bestehen hinsichtlich der Ausgiebigkeit der Störungen der statischen Koordination und der lokomotorischen Bewegungen große Unterschiede bei den verschiedenen Tierarten. Bei den niederen Formen fehlen derartige Störungen fast ganz nach der Entrindung oder sie sind zum mindesten sehr wenig ausgesprochen. Bei den höheren Formen, so bei Hund und Katze, treten diese Störungen bereits in auffallender Weise hervor. Bei den Affen endlich handelt es sich um tiefgehende und anhaltende Störungen, wenn auch die Alterationen der statischen Koordination einen vorübergehenden Charakter aufweisen.

Wenn man nun bedenkt, daß der Mensch im Falle einer Beschädigung der motorischen Centra der Gehirnrinde anfänglich vollständig unfähig ist, zu stehen und sich zu bewegen, da die Extremitäten gelähmt sind, so ergibt sich daraus ohne weiteres der Schluß, daß die Zweckbewegungen der Gliedmaßen nach Zerstörungen des Gyrus sigmoideus bezw. der Centralwindungen mehr oder weniger definitiv aufgehoben erscheinen, daß aber im Gegensatz hierzu die lokomotorischen Störungen, bei den niederen Säugetierformen relativ wenig ausgesprochen, nach und nach immer mehr hervortreten in dem Maße des Aufsteigens von niederen zu höheren Tierstufen. Ihren Höhepunkt erreichen diese Störungen bei den Affen und bei dem Menschen.

Erinnert man sich ferner, daß vielen niederen Tieren, wie z. B. den Fischen, trotz vollendeter Ausbildung der lokomotorischen Formen, motorische Rindencentra im Sinne des Verhaltens der höheren Tierformen, noch gänzlich abgehen; und daß diese Centra bei den Amphibien (als Region sich darstellend, welche zu den Seitwärtsbewegungen des Kopfes und Rumpfes in Beziehungen steht) und Vögeln erst aufzukeimen beginnen, so erkennt man, daß die lokomotorischen Funktionen, unter Oberleitung der subkortikalen Centra und Bahnen stehend, sich im Tierreiche völlig unabhängig von den Zweckbewegungen ausbilden, welche als Funktion der Vorderhirnrinde auftreten. Nichtsdestoweniger gelangen die Zweckbewegungen der Gliedmaßen vorstehender Rindencentra, obwohl sie in der phylogenetischen Aufeinanderfolge der Tiere später zur Ausbildung kommen, als die subkortikalen Centra des lokomotorischen Apparates, dennoch allmählich zu einer gewissen Hegemonie auch über den subkortikalen Lokomotionsmechanismus, so daß dieser bei den höheren Tierformen, wie bei den Affen und beim Menschen, bis zu einem gewissen Grade seine Autonomie verliert und sich mehr oder weniger ausgiebig den Rindencentren unterordnet.

So finden jene Unterschiede der Lebhaftigkeit der Bewegungsstörungen, welche man nach der Abtragung der motorischen Rindenzone beobachtet, in der aufsteigenden Tierreihe und beim Menschen, ihre hinreichende Erklärung. Es verdient in dieser Beziehung auch die Tatsache vollste Beachtung, daß die Ausbildung der motorischen Rindencentra in der Tierwelt vollkommen Hand in Hand geht mit der Anpassung der Gliedmaßen des Tieres an bestimmte Zweckbewegungen, ein Umstand, den ich schon vor mehr als 20 Jahren hinreichend betont habe.[1] Bei allen niederen Tierformen, wo die Gliedmaßen noch

[1] W. Bechterew, Physiologie der motorischen Zone der Gehirnrinde, a. a. O.

nicht zur Ausführung von Zweckbewegungen eine Eignung erlangt haben, finden wir die motorischen Rindencentra in geringer und schwacher Ausprägung; dagegen in höheren Tierordnungen, wo sich die Gliedmaßen bereits in einem fortgeschrittenen Grade der Funktion der Zweckbewegungen adaptiert haben, weisen die motorischen Rindencentren eine entsprechend bessere Ausbildung auf. Eine noch höhere Stellung gebührt endlich den Rindcneentren der Affen und des Menschen, deren Gliedmaßen eine außerordentlich hohe Eignung als Werkzeuge isolierter bezw. Zweckbewegungen gewonnen haben.

Selbst die Lebhaftigkeit der Paralyse der einzelnen Gliedmaßen nach der Exstirpation der motorischen Rindencentra steht bei den Tieren in direkter Abhängigkeit von dem Grade der Anpassung des betreffenden Gliedes an bestimmte Zweckbewegungen. Bei sämtlichen Tieren leidet gerade die vordere Extremität, da sie in dieser Beziehung den höchsten Grad der Anpassung unter den Gliedmaßen erreicht hat, nach der Entrindung der motorischen Zone der Hemisphären stets am meisten und in viel höherem Maße, als die hintere Extremität, und diese wird wiederum stärker von der Lähmung betroffen, als das Gebiet der Gesichtsmuskeln.

Da sich nun gleichzeitig auch die Störungen der lokomotorischen Bewegungen am auffallendsten an der vorderen Extremität aussprechen, so wird man anzunehmen haben, daß die kortikale Beherrschung dieser Bewegungen Hand in Hand geht mit der Differenzierung der Zweckbewegungen in einem bestimmten Glied. Diese Korrelation zwischen der Ausbildung der Rindencentra und der Überweisung der lokomotorischen Bewegungen an die Oberleitung der Rinde einerseits und der Anpassung der einzelnen Gliedmaßen an bestimmte Zweckbewegungen andererseits ist in der Tierreihe auch bei den Vögeln deutlich ausgeprägt.

So konnte Ferrier an der Außenfläche des Gehirns der Taube nur einen einzigen Punkt auffinden, dessen Reizung Drehbewegungen des Kopfes bewirkte; die Abtragung einer Hemisphäre erzeugt bei der Taube nur sehr schwache motorische Störungen, bestehend in der Unfähigkeit, den Kopf seitwärts zu bewegen. Bei den Raubvögeln, so z. B. beim Habicht, treten bereits mehrere deutlich ausgeprägte Rindencentra auf; die Abtragung einer Hemisphäre oder die Exstirpation dieser Centra bewirkt bei diesem Tier deutliche Störungen im Gebrauch der kontralateralen Pfote, welche schon in ruhiger stehender Haltung des Tieres halb gebeugt und wie zusammengeknickt erscheint, während im Gebrauche der Flügel, die hauptsächlich im Dienste der lokomotorischen Funktionen stehen, wesentliche Unterschiede zwischen der gesunden und affizierten Seite nicht bemerkt werden können.

Demnach steht der Grad der lokomotorischen Störungen in direkter Abhängigkeit davon, in welchem Maße das betreffende Glied an die Ausführung der Zweckbewegungen angepaßt ist. Daß der eigentliche Mechanismus der lokomotorischen Bewegungen dabei nicht beeinträchtigt wird, wenigstens nicht in einem wesentlichen Grade, geht schon daraus hervor, daß selbst Tiere, welche nach totaler Zerstörung beider motorischer Zonen zu gehen unfähig sind, wie Hund und Affe, regelrechte lokomotorische Bewegungen in der Luft ausführen, wenn man sie aufhebt.

Augenscheinlich bleibt also der lokomotorische Apparat bei den operierten Tieren in Ordnung. Wenn nichtsdestoweniger die Lokomotionen solcher Tiere nach der Entrindung mehr oder weniger beeinträchtigt erscheinen, so hängt dies nicht von einer Störung des lokomotorischen Apparates als solcher ab, sondern davon, in welchem Maße bei der betreffenden Tierform die regelrechte Wirksamkeit dieses Apparates unter natürlichen Verhältnissen an die Innervation gebunden ist, welche zur Ausführung von Zweckbewegungen stattfindet.

Daß dies sich wirklich so verhält, bezeugt unter anderem die Tatsache, daß die lokomotorischen Störungen der operierten Tiere sich vor allen in einer regellosen Einstellung und Haltung der Extremitäten und ihrer distalen Teile, vom Ellenbogengelenk an gerechnet, ausspricht, deren Muskeln, wie wir wissen, bei der Ausführung der Zweckbewegungen am meisten engagiert sind.

Andererseits bezeugt die Beobachtung an den operierten Tieren, wie wir gesehen haben, daß die bestehenden motorischen Defekte in auffallendster Weise jene Zonen der Lokomotion, wie Rumpfwendung, Klettern, Überschreiten eines Hindernisses usw. betreffen, welche außer der allgemeinen Koordination der lokomotorischen Bewegungen gleichzeitig an die Bedingung einer gegen sonst energischeren Tätigkeit einzelner Muskelgruppen gebunden erscheinen.

Was die isolierten bezw. Zweckbewegungen betrifft, so bildet, wie wir gesehen haben, ihre mehr oder weniger vollständige Paralyse eine notwendige Folgeerscheinung der Abtragung der motorischen Zone der Gehirnrinde bei sämtlichen Tieren ohne Ausnahme. Wenn dabei beide motorische Zonen entfernt werden, dann ist die Paralyse dieser Bewegungen definitiv und bilateral. Im Falle unilateraler Abtragung der motorischen Rindenzone ist diese Paralyse einseitig und im Laufe der Zeit einer gewissen Restitution fähig, hauptsächlich auf Kosten der verschonten Gehirnhälfte.

Daß die Paralyse der isolierten Bewegungen das am meisten charakteristische Symptom des Ausfalles der motorischen Rindenzone bildet, braucht nicht besonders betont zu werden.

Selbst solche motorische Störungen, wie das Unvermögen, sich nach der gesunden Seite zu wenden, hängen wahrscheinlich ebenfalls zusammen mit der Unfähigkeit, die entsprechenden Muskeln der kontralateralen Rumpfhälfte zur Kontraktion zu bringen.

Übrigens weist die bei derartig operierten Versuchstieren bestehende Neigung zu Kreisbewegungen nicht selten den Charakter von Zwangsbewegungen auf, die sich in Form von Anfällen zu wiederholen pflegen.

Im Falle der Abtragung beider Gyri sigmoidei des Hundes findet man in der ersten Zeit eine mehr oder weniger deutliche Störung des Körpergleichgewichtes, bestehend in auffallend schwankendem Gang der Tiere.

Da die in diesem Fall vorhandenen Erscheinungen lebhaft an jene Bewegungsstörungen erinnern, welche im Falle der Beschädigung bezw. Durchschneidung der Gehirnschenkel auftreten, so darf man daraufhin annehmen, daß bei der Abtragung der motorischen Zone der Gehirnrinde unter anderem eine Verletzung der Rindenverbindungen mit der Varolsbrücke und mit dem Kleinhirn eintritt. Möglicherweise beruhen

darauf die bei den operierten Tieren beobachteten zwangsweisen Kreisbewegungen und die gleichzeitig damit vorhandenen Störungen der statischen Koordination.

2. Die Veränderungen der sog. Sensibilität nach Läsionen im Bereiche der motorischen Rindenzone.

Wenn es sich darum handelt, das Verhalten der sensiblen Sphäre unter den hier obwaltenden Verhältnissen zu verfolgen, so muß man sich zunächst daran erinnern, daß die Untersuchung der Sensibilität bei Tieren mit Verlust des Gyrus sigmoideus bezw. der Centralwindungen auf große Schwierigkeiten stößt infolge der bestehenden Bewegungsstörungen, denn vieles, was man bei solchen Tieren vielleicht als ein Erlöschen der Sinnesreaktion auffassen möchte, kann in Wirklichkeit auf die vorhandenen Alterationen der Beweglichkeit zurückgeführt werden. Wenn z. B. die operierten Hunde auf der Seite des Eingriffes nicht auf irgend einen Reiz mit einer Bewegung der affizierten Gliedmaßen antworten, so kann dies sowohl mit gestörter Sensibilität, als auch mit motorischer Paralyse zusammenhängen. Ebenso kann die Gleichgültigkeit des Versuchstieres gegen passive Dislokationen seiner Gliedmaßen eine Erklärung finden sowohl in einer Störung des Muskelgefühls, als auch in paralytischen Erscheinungen an den Gliedmaßen. Gleiches gilt auch von dem Verhalten der Versuchstiere gegen mäßige Stichreize.

Man tut daher gut, bei der Beurteilung des Zustandes der sensiblen Sphäre von der Allgemeinreaktion des Versuchstieres gegen entsprechende Außenreize auszugehen.

Diese Allgemeinreaktion ist durch starke mechanische Reize bei allen gesunden Tieren ohne weiteres hervorrufbar. Sie äußert sich in Form von Geschrei und allgemeiner Unruhe, auch läßt sich dadurch, daß man die Extremitäten des Tieres in sehr unbequeme Stellungen bringt, ohne weiteres eine Reaktion hervorrufen, welche von der Lage der paralytischen Glieder abhängt. Ein gesunder Hund läßt es nie ruhig geschehen, daß man ihm die Vorderbeine kreuzweise unter einander schiebt, oder daß man das Klappbrett des Tisches, auf welchem er sich befindet, fallen läßt. Das gesunde Tier erkennt die Unsicherheit der Lage seiner Gliedmaßen in beiden Fällen und ermangelt nie, diese Lage in entsprechender Weise zu korrigieren.

Was das Gefühl der Berührung betrifft, so tritt hier Allgemeinreaktion nur bei empfindlichen Hunden ein, welche nicht gleichgültig bleiben, wenn man in unmerklicher Weise, die Bewegungen eines größeren Insektes imitierend, ihnen mit einem Säbchen leicht über das Fell streicht, oder wenn man ihnen einen Käfer auf den Rücken legt.

Die Katze ist bekanntlich außerordentlich wasserscheu. Befeuchtet man ihre eine Pfote, so schickt sie sich sofort an, diese abzuschütteln.

Indem ich nun verfolgte, wie die entrindeten Tiere auf derartige Reizmittel antworten, habe ich durch eine ganze Reihe von Versuchen an Hunden und Katzen feststellen können, daß circumskripte und oberflächliche Zerstörungen der Gehirnrinde keinerlei nennenswerte Störungen der sensiblen Sphäre hinterlassen.

Dieses Ergebnis erweckte in mir seiner Zeit Zweifel daran, daß der sogenannten motorischen Zone der Gehirnrinde überhaupt nähere Beziehungen zu der Sensibilität zukommen. Denn die soeben dargelegten Beobachtungsergebnisse sprechen gegen eine Identifikation der spezifisch motorischen Centra mit den Centren, welche zu der Sensibilität in Beziehung stehen, sie zeugen aber nicht gegen die eventuelle Lagerung beider Centrenreihen in einem und demselben Rindenterritorium.

Man wird sich daher behufs Ermittelung der Beziehungen dieser Rindenregion zu der Sensibilität weitaus zweckmäßiger der regionalen Läsionen bedienen, welche das ganze Innervationsgebiet eines Gliedes begreifen, oder noch besser größere Teile der motorischen Rindenzone an einer oder sogar an beiden Hemisphären gleichzeitig zerstören.

Solche Versuche haben gezeitigt, daß bei den Versuchstieren (Hunden und Katzen) im Gefolge des erwähnten Eingriffes, je nach der Ausdehnung der erzeugten Läsion bald mehr umschriebene, bald verbreitete Störungen der Haut- und Muskelsensibilität im Sinne einer deutlichen Abschwächung dieser Perzeptionsqualitäten auftreten. Das operierte Tier antwortet im Bereiche der affizierten Gliedmaßen nicht auf schwache Außenreize, es ist gleichgültig gegen die mechanische Verschiebung der Ohrmuschel- und Pfotenhaare, weniger empfindlich als sonst gegen schmerzhafte Reize und fast vollkommen stumpf gegen Dislokationen seiner Gliedmaßen im Raume.

Auch gelingt der Versuch mit dem Klappbrett leicht bei solchen Tieren. Es verschwinden hier auch die Reflexe, welche sonst eintreten, wenn man das Fell der herabhängenden Pfote gegen den Haarstrich streichelt; ferner verschwindet der Nagelreflex beim Hunde.

Alle diese Störungen sind bei den operierten Tieren anfangs recht lebhaft ausgesprochen; später erfahren sie eine gewisse Korrektur je nach der Ausdehnung der Affektion und ihre Aufbesserung geht in der Regel schneller, als die der motorischen Störungen von statten.

Was das Verhalten der Affen betrifft, so kann ich in Beziehung auf die Zustände der Sensibilität Horsley's oben dargelegtes Ergebnis als richtig vollauf bestätigen. Denn in allen meinen Fällen bestanden neben Bewegungsstörungen auch Alterationen der Tast-, Schmerz- und Muskelsensibilität.

Diese Veränderungen der Sensibilität beschränkten sich gewöhnlich auf das Gebiet, an welchem auch Paralyse der Motilität bestand.

So z. B. fand sich im Falle der Zerstörung des Centrums für das Gesicht bei den operierten Affen eine deutliche Abstumpfung der Empfindlichkeit im Gebiete des Gesichts; bei der Zerstörung des Centrums für die obere Extremität bestand eine Abschwächung der Haut- und Muskelsensibilität der oberen Extremität; bei der Zerstörung des Centrums für die untere Extremität traten analoge Störungen in diesem Körpergebiet auf.

Man erkennt aus diesem Tatbestand, daß die sogenannten motorischen Gebilde der Hirnrinde in Wirklichkeit gleichzeitig auch Regionen darstellen, welche zu der Haut- und Muskelsensibilität in näheren Beziehungen stehen. Die im Falle der Zerstörung der einzelnen Centren der motorischen Zone auftretenden Störungen der Sensibilität stehen bei den Affen, wie ich aus den in meinen Versuchen beobachteten Er-

scheinungen ersehen konnte, bezüglich ihrer Lebhaftigkeit der gleichzeitig vorhandenen motorischen Störungen erheblich vor, sind stets an den distaleren Extremitätenpartien auffallender und treten mit der Zeit mehr oder weniger zurück, falls sie nicht ganz verschwinden, während die motorischen Störungen für gewöhnlich auf längere Zeit ihre Lebhaftigkeit bewahren, selbst nachdem alle sensiblen Störungen bereits völlig verschwunden sind.

Wenngleich nun die motorische Zone der Gehirnrinde eine Stätte darstellt, in welcher Reize, welche von der Haut und von Muskeln ankommen, zur Entwicklung entsprechender Eindrücke führen, so besteht dennoch, wie aus dem vorher angeführten Tatbestand hervorgeht, zwischen den sensiblen und motorischen Störungen, welche man in Fällen von Zerstörungen der sogenannten motorischen Zone der Gehirnrinde wahrnimmt, ein direkter kausaler Zusammenhang nicht. Denn die Bewegungsstörungen können, wie gesagt, auch nach dem Aufhören der entsprechenden sensiblen Störungen noch fortbestehen.

Günstig erscheint diesem Satz auch die schon früher erwähnte Tatsache, daß bei mehr umschriebenen Läsionen der motorischen Zone der Gehirnrinde der Tiere alle Erscheinungen von Seiten der sensiblen Sphäre weitaus nicht so ausgesprochen sind, ja manchmal auch ganz ausbleiben können.

Wir haben vorhin eingesehen, daß nach Zerstörungen des Gyrus sigmoideus bezw. der Centralwindungen bei den Versuchstieren eine Abschwächung der Tast- und Muskelsensibilität in ähnlicher Weise auftritt, wie im Falle der Zerstörung der Scheitellappen, nur mit dem Unterschiede, daß im ersten Fall neben sensiblen Störungen auch Erscheinungen von hochgradiger Gliederparese auftauchen, was im zweiten Fall, also bei Läsionen der Parietalwindungen, nicht zu bemerken ist.

Fragen wir nun, welche Beziehungen bestehen zwischen diesen sensitiv-motorischen Centren und den Centren der Sensibilität im Bereiche der Parietalregion, so erscheint die schon früher angedeutete Annahme wohl begründet, daß wir es hier mit Centren zu tun haben, in welchen vermöge einer Assoziation taktiler Eindrücke mit Muskelabdrücken bei den verschiedenen Bewegungen konkrete Tast-Muskelbilder erzeugt und abgelagert werden.

Es bedarf nämlich zur Erzeugung konkreter Tast-Muskelspuren mehr, als daß bloß Eindrücke vorhanden sind jener äußeren Reize, welche von der Hautoberfläche, sowie von den Muskeln ausgehen, Eindrücke, welche, wie wir sahen, in den Parietallappen lokalisiert werden. Es bedarf hierzu noch einer innigen Assoziation der Tastreize mit den aktiven Muskelkontraktionen, sowie einer Assoziation der auf ihrer Grundlage auftauchenden Tast- und Muskelabdrücke. Das ist aber jener Vorgang, mit welchem wir es bei dem sogenannten aktiven Tasten oder Befühlen zu tun haben. Aber jedes solches Betasten setzt voraus eine Reihe außerordentlich feiner isolierter Bewegungen, welche unter Mitwirkung des Gyrus sigmoideus bezw. der Centralwindungen ihre Verwirklichung finden. Somit wird die Erzeugung konkreter Tast-Muskelspuren, oder mit anderen Worten von Spuren der umgebenden Gegenstände gerade in jenen Regionen der Rinde ermöglicht, welchen auch die Centra der Bewegungen einverleibt sind.

a) Pathologische Beobachtungen.

Zur Seite stehen diesen Schlußfolgerungen auch die Befunde der klinischen Erfahrung in dem Sinne, daß auch in Fällen pathologischer Zerstörungen der Centralwindungen des Menschen Störungen der Sensibilität neben motorischen Paralysen zu bemerken sind.

Man hat anfänglich diesen sensiblen Störungen bei Destruktionen der Centralwindungen der Gehirnrinde wenig Beachtung geschenkt, sie auch wohl als vorübergehende Erscheinungen angesehen, ihnen weiter keine Bedeutung beigemessen und sie oft auch ganz ignoriert. Diese Auffassungsweise leuchtet aus den Mitteilungen von Charcot, Lépine, Rendu, Ferrier, Nothnagel, Boyer u. a. hervor.

Charcot hielt an der Meinung fest, daß die Centra der allgemeinen Sensibilität und des Muskelgefühls eine von den Centren getrennte Lage einnehmen.[1]) Nach und nach jedoch tauchten unter dem Einfluß der Experimentalbefunde immer mehr Beobachtungen auf, welche allen Zweifel beseitigten, daß in Fällen von Destruktionen der sogenannten motorischen Centra der Gehirnrinde auch mehr oder weniger deutliche Störungen der Sensibilität sich geltend machen.

So führen Lisso[2]) und Petrina[3]) eine Reihe von Beobachtungen auf, aus welchen deutlich hervorgeht, daß Störungen der Sensibilität bei Affektionen der sogenannten motorischen Rindenzone wohl vorhanden sind. Beide Beobachter nehmen übrigens an, daß auch Affektionen der Scheitellappen mit Veränderungen der Sensibilität verlaufen können.

Lisso hat unter Anleitung von Munk bis zu 88 Beobachtungen über Affektionen der motorischen Rindenzone zusammengebracht, wo motorische Störungen gleichzeitig mit sensiblen bestanden hatten. Nach der Meinung von Lisso ist die sensible Sphäre im Sinne Munk's, welche mit der motorischen Sphäre der Autoren identisch ist, in Wirklichkeit viel ausgedehnter, denn sie umfaßt die Frontal-, Central- und Parietalwindungen. Lisso und Petrina glauben, daß diese Region als Centrum für die sensiblen und motorischen Erinnerungsbilder funktioniert.

Sodann brachte Tripier mehrere Fälle von Affektionen der Gehirnrinde bei, welche mit Veränderungen der Sensibilität verliefen und welche nach seiner Meinung bezeugen sollen, daß die sensiblen Centra an den gleichen Stellen der Gehirnrinde sich vorfinden, wo man auch motorische Centra antrifft.

Nach der Ansicht von Tripier gibt es bei den Menschen, in analoger Weise wie bei den Tieren, eine sensitiv-motorische Zone, welche zur Ausbildung von Willkürbewegungen und gleichzeitig auch zur Aufnahme peripherer Reize bestimmt erscheint. Affektionen der motorischen Zone führen, wie er behauptet, gleichzeitig zu Störungen der Motilität und zu Störungen der Sensibilität.[4])

---

[1]) Charcot, Oeuvres complètes, t. IV.

[2]) Lisso, Zur Lehre und Lokalisation des Gefühls in der Großhirnrinde. Berlin 1882.

[3]) Petrina, Über Sensibilitätsstörungen bei Hirnrindenläsionen. Zeitschr. f. Heilkunde 1881.

[4]) Tripier, Revue mensuelle. 1880, S. 18—50 und 131—160.

In neuerer Zeit hat ferner Marinesco auf Grund der Untersuchung zweier Fälle von Rindenerkrankungen mit Muskelanästhesie den Satz aufgestellt, daß die Region der Rolando'schen Furche nicht nur als Centrum der Motilität, sondern zugleich auch als Centrum der Muskelsensibilität Dienste leistet.

Das Bestehen eines Parallelismus zwischen dem Grade der Störung des Muskelgefühls und der Intensität der Muskelparalysen deuten die Beobachtungen von Vetter[1]), sowie die neueren Mitteilungen von Déjérine[2]) an. Déjérine äußert die Ansicht, daß die allgemeine Sensibilität und das Muskelgefühl beide gleichermaßen in der sogenannten motorischen Zone der Gehirnrinde lokalisiert sind.[3])

Gleich ihm stellt auch Long auf Grund fremder und einer Reihe eigener Beobachtungen den Satz auf, daß die Motilität, die allgemeine Sensibilität und das Muskelgefühl, wie die anatomisch-klinischen und experimentellen Erfahrungen bezeugen, eine und dieselbe kortikale Lokalisation haben. Das sogenannte motorische Gebiet der Hirnrinde stellt sich als sensitiv-motorische Zone dar.[4])

Ebenso ziehen Exner[5]) und Bernhardt[6]) aus pathologisch-anatomischen Befunden den Schluß, daß man bei Läsionen der motorischen Zone auch sensible Störungen antrifft und daß diese Zone daher als Rindengebiet zu betrachten ist, welches außer den Bewegungen auch der Sensibilität vorsteht.

Auch Henschen äußert sich auf Grund seiner Erfahrungen in dem Sinne, daß Störungen der Sensibilität von einer Affektion der motorischen Zone der Gehirnrinde abhängen können.

Endlich bezeichnet Flechsig, gestützt in erster Linie auf anatomische Verhältnisse und im Hinblicke auf die Endigung der Schleifenfasern in der Rinde der motorischen Zone, diese als sensitiv-motorisches Gebiet.

1. Kritik der pathologischen Befunde.

Nach den Befunden von Wernicke gliedern sich die Gehirnfasern bezüglich der Sensibilität der Extremitäten entsprechend den großen Gelenkgebieten. Er beobachtete in zwei Fällen von traumatischer Reizung der Rinde der Centralwindungen Paralyse der Hand mit Störungen des Muskelgefühls und der Tastempfindungen, welche er auf einen Verlust der entsprechenden Vorstellungen zurückführt.

Wernicke macht unter anderem darauf aufmerksam, daß bei Affektionen der Rindencentra am häufigsten und lebhaftesten die Sensibilität

---

[1]) Vetter, Über die feinere Lokalisation in der Capsula interna. Samml. klin. Vorträge von Volkmann. Neue Folge. Nr. 165.

[2]) Déjérine, De l'hémianesthesie d'origine cérébrale. Semaine médicale. 1879.

[3]) Déjérine, Etude sur l'aphasie. Revue de méd. 1885, S. 183. — Sur un cas d'hémiplégie avec hémianesthésie de la sensibilité générale et perte du sens. musculaire par lésion cérébrale corticale. Revue neurologique. 1893, p. 50.

[4]) E. Long, Les voies centrales de la sensibilité générale. Paris 1899, p. 121.

[5]) Exner, Untersuchungen über die Lokalisation der Funktionen in der Großhirnrinde des Menschen. Wien 1871.

[6]) Bernhardt, Beiträge zur Symptomatologie und Diagnose der Hirngeschwülste. Berlin 1881. — Beiträge zur Lehre von den Störungen der Sensibilität und des Sehvermögens bei Läsionen des Hirnmantels. Arch. f. Psych. 1882, Bd. 11, S. 780.

der distalen Extremitätengebiete ergriffen wird. Er gelangte auf Grund klinischer Beobachtungen zu dem Satz, daß bei umschriebenen Rindenherden die Sensibilität in derselben Weise affiziert wird, wie die Motilität, d. h. daß die Störung sich auf die großen Gliedmaßengebiete beschränkt. Teilweise bestätigt findet er dies[1]) in den Ergebnissen der physiologischen Untersuchungen von Munk.[2])

Eine Erklärung für dieses Verhalten sucht Wernicke in der Art und Weise der Projektion der Hautsensibilität auf der Gehirnrinde. Das gleiche Verhältnis gilt nach seiner Ansicht nicht nur für die kortikalen Paralysen der Sensibilität und Motilität, sondern auch für die kapsulären Affektionen. Bekanntlich leiden bei den gewöhnlichen kapsulären Hemiplegien am meisten die Muskeln der Hand und vor allem des Daumens, also jener Glieder, welche für die Zweckbewegungen in erster Linie in Frage kommen. Ebenso bildet die Tastsensibilität, das Ortsgefühl und das Muskelgelenkgefühl bei subkortikalen Herden im Maße der motorischen Paralyse, wie dies beispielsweise aus dem von Haenel mitgeteilten Fall erkennbar wird.[3])

Schließlich gelangt Wernicke zu einer Übereinstimmung mit den Auffassungen von Munk und betrachtet wie dieser die motorische Zone als Gebiet für motorische Vorstellungen.

Haenel fand in seiner vorher erwähnten Beobachtung einen gewissen Widerspruch mit der herrschenden Lokalisationslehre und ist geneigt anzunehmen, daß diese Lehre im Sinne einer dynamischen bezw. funktionellen Auffassung wird reorganisiert werden müssen.

Im wesentlichen überträgt Haenel Monakow's Ansichten über die Rindenfunktion auf die Sensibilität. Da die Empfindungen unter größerer Mitwirkung des Bewußtseins aufgenommen werden können und, wie die Bewegungen dem Einflusse der Uebung unterworfen sind, so ist offenbar eine gesteigerte Gewandtheit und Verfeinerung der Handbewegungen undenkbar ohne eine entsprechende Differenzierung aller sensiblen Funktionen. Daher müssen in dem sensiblen Teil der Rinden-Komponenten die mehr ausgebildeten Extremitätenabschnitte durch eine größere Zahl anatomischer Elemente ersetzt und infolgedessen bei cerebraler Affektion stärker in Mitleidenschaft gezogen werden.

Nach meiner Ansicht stehen jedoch alle diese Verhältnisse keineswegs in einem Widerspruch zu der Lokalisationslehre. Sie beruhen vielmehr darauf, daß die bilaterale Innervation im allgemeinen um so mehr ausgeprägt ist, je näher die betreffenden Extremitätenabschnitte dem Rumpfe liegen und je mehr sie sich der Form der Zweckbewegungen angepaßt haben.

Charpy äußert sich ebenfalls im Sinne einer Identität des motorischen und sensiblen Feldes der Gehirnrinde. Nach seiner Meinung gibt es nunmehr keine motorische Zone, sondern es bestehen nur sensitiv-motorische Centra.[4])

Soury kommt mit Rücksicht auf anatomische Verhältnisse und

[1]) C. Wernicke, Zwei Fälle von Rindenläsion. Arb. aus d. Psych. Klinik in Breslau Bd. 2.

[2]) H. Munk, Über die Funktionen des Gehirns. Berlin 1880.

[3]) Haenel, Klinischer Beitrag zur Kenntnis der Erkrankungen des Hirnschenkels. Deutsche Zeitschr. f. Nervenheilkunde 1900, H. 5 und 6.

[4]) Charpy, Traité d'anatomie humaine 1894, t. III, S. 670.

klinische Beobachtungen zu dem Schluß, daß den motorischen Centren gleiche Beziehungen zu der Sensibilität, zum Muskelgefühl und den Assoziationserscheinungen zukommen. Man kann jetzt, bemerkt Soury, das Muskelgefühl nicht mehr im Scheitellappen, die Hautsensibilität im Lobus falciformis lokalisieren.[1])

Später hat Soury übrigens auf Grund anderer Beobachtungen in dieser Beziehung seine Meinung geändert, denn er sagt[2]): Die Störungen, welche man bei Affektionen der Parietalregion findet, bestehen in taktiler Anästhesie, Hyperanästhesie und Paraästhesie; die Rinde des Scheitellappens funktioniert also als sensible Sphäre des Gehirns, während die Rinde der Hinterhauptregion und die Rinde der Temporalregion als Sphäre des Sehens und Hörens sich darstellen.

Bastian lokalisiert die kinästhetischen, d. h. die motorisch-sensiblen Centren im hinteren Abschnitt des Stirnlappens und im vorderen Abschnitt des Scheitellappens, also im ganzen entsprechend jenem Gebiet, welches als motorische Zone der Gehirnrinde bekannt ist.

Verger findet bei Affektionen im Bereiche der Centralwindungen gewöhnlich auch Störungen des Muskelgefühls während des ersten Auftauchens der Paralysen. Am meisten leiden dabei die distalen Teile der Extremitäten. Da jedoch die Affektionen der Centralwindungen nicht zu einem vollständigen Verlust des Muskelgefühls führen, so müssen, wie Verger meint, noch andere Gebiete zur Lokalisation des Muskelgefühls herangezogen werden.[3])

Der Sinn aller dieser Darstellungen ist also eine Identifizierung der motorischen Centra mit den sensiblen. Mit anderen Worten, es handelt sich um die Annahme einer sensitiv-motorischen Zone im eigentlichen Sinne dieses Wortes und um die Ableitung einer getrennten Lokalisation der motorischen und sensiblen Centren in der Gehirnrinde.

Andere Autoren geben zwar einen Einfluß des von den motorischen Centren okkupierten Rindengebietes auf die Sensibiliät zu, sind aber weit davon entfernt, beide Reihen von Centren mit einander zu identifizieren.

So z. B. tritt Mills gegen die Darstellung Munk's auf, wonach die sensiblen und motorischen Centra räumlich zusammenfallen sollen. Er neigt zu der Annahme getrennter Gebiete in der Rinde und in den subkortikalen Ganglien für die motorischen und sensiblen Funktionen. Dieser Auffassung sollen nach der Ansicht v. Mill's vor allem die klinischen Erfahrungen zur Seite stehen, denn man kennt Fälle von Rindenerkrankungen mit alleiniger Affektion der Sensibilität (Astereognosis) und andererseits gibt es Fälle von Erkrankung der Munk'schen Sphäre mit motorischer Paralyse ohne jegliche Veränderungen der Sensibilität. Auch in den subkortikalen Ganglien soll eine Trennung der sensiblen und motorischen Leitungsbahnen vorhanden sein.

Schließlich kommt Mills, gestützt auf eine Reihe klinischer und pathologisch-anatomischer Untersuchungen zu dem Satz, daß die sensible Funktion der Haut und das Muskelgefühl in der Rinde ein be-

---

[1]) Soury, Le faisceau sensitif. Revue génér. des sciences 1794. 30 mars. — La localisation cérébrale de la sensibilité générale. Revue génér. des sciences 30 avril 1894.

[2]) Soury, Les localisations cérébrales des centres corticaux de la sensibilité générale. Revue génér. des sciences 15 mars 1898.

[3]) Verger, Sur le sens musculaire à propos de quelques travaux récents. Arch. de neur. 1901, Nr. 48 und 49.

sonderes Gebiet okkupieren, welches von der motorischen Zone getrennt sein soll.[1])

Es besteht eine eigene Reihe von Centren, welche dem stereognostischen Centrum untergeordnet sind. Mit diesem sind alle sensiblen Centra verbunden, und von ihm gehen Erregungen den Bewegungscentren zu.

Dana studierte 23 zusammengebrachte Fälle mit Affektionen der Centralwindungen, in welchen Störungen des Tast- und Muskelgefühls bemerkt wurden. Im Endresultate vermag er sich weder Munk noch Bastian bezüglich der Annahme einer sensiblen Natur der Centralwindungen anzuschließen.[2])

Unter anderem hat Dana mittels der Exner'schen statistischen Methode 142 Fälle verschiedener Rindenaffektionen zusammengebracht und kommt dabei zu dem Schluß, daß die sogenannte motorische Rindenzone des Menschen gleichzeitig auch als sensibles Gebiet funktioniert. In allen von Dana gesammelten Fällen von Affektionen der Centralwindungen bestanden mehr oder weniger auffallende Störungen des Tast- und Muskelgefühls. Er weist aber darauf hin, daß das Erkennen der Form der Gegenstände und die Schätzung passiver Bewegungen einen zusammengesetzten psychischen Prozeß darstellt, welcher nicht allein auf Perzeption, sondern auch auf Assoziation und Gedächtnis gegründet ist. Daher bestreitet er auch die Meinung, wonach die Rinde der Centralwindungen eine sensible Zone im eigentlichen Sinn des Wortes darstellen soll. Nach seiner Ansicht enthält sie unzweifelhaft motorische Centra in sich, und gleichzeitig sei die Zone der Centralwindungen aufzufassen als sensible Funktion. Sie bilde im ganzen ein Organ, welches Erinnerungsbilder sensitiv-motorischer Vorstellungen ablagert.

Dana stellt ferner die These auf, daß kortikale Anästhesie sich stets auf ein ganz bestimmtes Gebiet (Gesicht, Arm, Bein) beschränke und dabei nie eine totale sein soll, wie wir dies in Fällen von Hemianästhesie subkortikalen Ursprunges beobachten.

Muratow endlich äußert sich in dem Sinne, daß die sensiblen Störungen bei Läsionen der Centralwindungen von einer Beschädigung der Assoziationsfasern abhängen sollen. Je tiefer die Läsion, um so auffälliger die Störung des Muskelgefühls; bei oberflächlichen Läsionen dagegen komme es nur zu minimalen Alterationen des Muskelgefühls.[3])

Bemerkt sei hier, daß die von Dana mitgeteilte Auffassungsweise der Hemianästhesie auch mit den Ansichten anderer Kliniker übereinstimmt. Gowers z. B. bezeichnet das Vorkommen totaler Hemianästhesien kortikalen Ursprunges für selten, da es, um solche hervorzurufen, allzu ausgedehnter Zerstörungen bedarf.

Muratow untersuchte einen Fall von kortikaler Epilepsie, aufgetreten nach einer Schädelverletzung, wobei neben Paralyse der Extremitäten auch hochgradige Störungen der Sensibilität und insbesondere

---

[1]) C. Mills. The separate localization of the cortex etc. Journ. of Nerv. and Ment. dis. 1901, Vol. 38.

[2]) Dana. A Study of the functions of the motor area of cortex of the brain. Journ. of nerv. and ment. diseases. Dec. 1894.

[3]) V. Muratow. Obosrên. psihiatr. 1897, Nr. 7.

des Muskelgefühls zu beobachten waren. Eine subkortikale Affektion war in diesem Falle auszuschließen.[1])

Die Störungen des Muskelgefühls bei Affektionen der Rinde der Centralwindungen bringt MURATOW in Abhängigkeit von einer Beschädigung der Assoziationsfasersysteme.[2])

b) Die Erscheinungen bei Operationen an den Centralwindungen des Menschen.

Unter den klinischen Erfahrungen, welche bezeugen, daß die sogenannte motorische Zone auch zu der Sensibilität in Beziehungen steht, beanspruchen eine hervorragende Bedeutung jener Fälle, in welchen es sich um operative Läsionen der sogenannten motorischen Zone der Gehirnrinde handelt.

1. *Literarische Angaben.* — Solche Beobachtungen liegen vor von DANA, HENSCHEN (24 Fälle), DUMIN[3]), KNAPP[4]), ALBERTONI und BRIGATTI[5]), HORSLEY[6]), mir[7]) u. a.

In allen diesen Fällen werden Veränderungen der Sensibilität beschrieben, welche sich im Gefolge von Läsionen der Region der Centralwindungen einstellten. In besonders eingehender Weise beschreibt HORSLEY die Sensibilitätsstörungen, welche bei der Reizung und Beschädigung der motorischen Zone der Gehirnrinde auftreten. Diesen Untersuchungen werden wir hier daher folgen.

Die Erscheinungen, welche im Falle der Reizung der motorischen Zone eintreten, bestehen nach Beobachtungen von HORSLEY zunächst in einer sensiblen Aura, sich äußernd in Vertaubung, Ameisenkriechen, seltener Schmerzen und Gefühl von Steifigkeit. Diese Aura beobachtet man stets in einer bestimmten Körperregion, welcher das gereizte Centrum entspricht. Die Ausfallserscheinungen, von Parästhesie, bestehend in Kältegefühl, begleitet, äußerten sich in schwacher taktiler Anästhesie und in einer geringen Herabsetzung des Muskelgefühls bezw. des Gefühls von der Lage der Glieder im Raume. Beides war wiederum auf jene Körperregion beschränkt, welcher das beschädigte Rindencentrum entsprach.

Diese Sätze belegt und illustriert HORSLEY an Kranken während und nach Gehirnoperationen.[8])

In einem Falle, in dem es sich um die operative Zerstörung eines Teiles des Rindencentrums für die obere Extremität bezw. um Zerstörung des Centrums für den Daumen handelte, bestand Paralyse der Daumenmuskulatur, begleitet von folgenden sensiblen Störungen:

---

[1]) V. MURATOW, Neurolog. Centralblatt 1898, Nr. 9. Arch. f. Anatomie und Physiologie, Anatom. Abt. 1893.

[2]) A. MURATOW, Obosrên. psihiatr. 1887, Nr. 7.

[3]) DUMIN, Verhandlungen des X. internat. med. Kongresses. Bd. IV, S. 11.

[4]) KNAPP, A contribution from brain surgery to the study of the localisation of the sensory centres in the cerebral cortex. Boston 1891. — Intracranial growths, p. 61.

[5]) ALBERTONI e BRIGATTI, Rivista sperimentali di Freniatria. XIX, janv. 1893.

[6]) HORSLEY, Deutsche med. Woch. 1889. Nr. 38.

[7]) W. BECHTEREW, Über die Lage der motorischen Rindencentren des Menschen usw. Arch. f. Anat. u. Phys. 1899. S. 543ff.

[8]) HORSLEY, Deutsche med. Woch. 1889. Nr. 38.

1. Unempfindlichkeit gegen leichte Tastreize am Daumen, 2. Unfähigkeit der Lokalisation leichter Tastreize am Daumen, 3. subjektive Empfindung der Vertaubung und Kältegefühl am Daumen, 4. Unfähigkeit, mit abgewandten Augen die Lage des Daumens im Raume anzugeben.

Es ergab sich ferner, daß der Grad und die Ausbreitung dieser Symptome davon abhängt, in welchem Maße das Rindengebiet des Daumens beschädigt wird. Im Falle der Zerstörung eines kleinen Teiles dieses Rindenfeldes war die Empfindlichkeit gegen leichte Tastreize normal.

Was die Lokalisation der Tastreize betrifft, so stellte sich heraus, daß die Lokalisation der Tastreize bei verbundenen Augen nicht an der entsprechenden Stelle beispielsweise statt der letzten Phalange am Handgelenk angegeben wird.

Demnach ist das Gefühl der Berührung und das Vermögen einer genauen Lokalisation derselben Funktion des entsprechenden Rindengebietes. Die Sensibilität, sowie auch die Motilität haben segmentale Anordnung. Die subjektive Empfindung der Gliedervertaubung und des Kältegefühls betrachtet Horsley als eine Folge psychischer Schätzung des Sensibilitätsdefektes.[1])

Endlich bringt Horsley das Unvermögen einer genauen Angabe der Lage des gelähmten Gliedes bezw. den Verlust des Muskelgefühls in nächste Beziehung zu der Paralyse; wo die Paralyse total ist, da erscheint auch dieses Symptom deutlich ausgeprägt.

Einen Beweis dafür, daß die Sinneseindrücke in der motorischen Zone lokalisiert sind und nicht vom Lobus limbicus hierher gelangen, erblickt Horsley darin, daß im Falle des Bestehens eines irritativen, statt eines destruktiven Herdes in dem dem Daumen entsprechenden Rindenbereiche das Gefühl von Stechen in demselben auftritt, was später in Schmerzen übergeht und vom Daumengebiet aus sich über die Region des Handgelenkes, des Vorderarmes, des Oberarmes usw. verbreitet, manchmal haben die Operierten das Gefühl von Bewegungen des Daumens, während in Wirklichkeit eine Bewegung desselben nicht stattfand.

Bekanntlich ist das Gefühl des Stechens und die Ausbreitung dieser Empfindung nach oben ein ganz gewöhnlicher Bestandteil der Aura bei kortikaler Epilepsie, ein Symptom, welches fast allen Beobachtern aufgefallen ist.

Da sämtliche soeben erwähnten Empfindungen sofort zurückgehen, wenn man bei der kortikalen Epilepsie den irritativen Herd entfernt, so liegt darin ein neuer Beweis dafür, daß das irritative Moment in der motorischen Zone selbst zu suchen ist, nicht aber durch die Tätigkeit des Lobus limbicus hervorgerufen wird.

Nichtsdestoweniger sucht Horsley mit Rücksicht auf seine früheren Experimentalergebnisse im Gyrus fornicatus das Hauptcentrum der Perzeption der Sinneseindrücke. Die motorische Zone betrachtet er als eine Region, in welcher die segmentären Sinneseindrücke einschließlich des Muskelgefühls vertreten sind und in welcher auch willkürliche Bewegungen aufgereizt werden.

---

[1]) Horsley, On the analysis of voluntary movement. The nineteenth century a monthly review. June 1891.

2. *Klinische Beobachtungen.* — In einer Reihe von Fällen, wo die Rindencentra des Menschen auf operativem Wege abgetragen wurden, hatte ich Gelegenheit, den Zustand der Sensibilität der affizierten Gliedmaßen genauer zu untersuchen.

Es konnte dabei in meinen Fällen festgestellt werden, daß die Abtragung eines bestimmten Centrums wohl von Parese der Bewegungen gefolgt wird, nicht aber das subjektive Gefühl der Kälte hervorruft, wie dies Horsley in seinen Fällen beobachtete. Es ist daher möglich, daß diese subjektiven Empfindungen in Horsley's Fällen auf der Reizwirkung der Gehirnwunde beruhen. Auf jeden Fall kann man sie nicht als notwendige Begleiterscheinung von Gehirnaffektionen betrachten.

Was die übrigen Störungen der Sensibilität betrifft, so fand sich bei den Kranken konstant eine deutliche Abstumpfung des Tastgefühls und eine hochgradige Störung der Lokalisation der Tastempfindungen (Weber'scher Zirkel). Ebenso deutlich abgestumpft war auch das Muskelgefühl und die Kranken konnten auch den Finger, welchen man ihnen krümmte, nicht leicht angeben.

Dieses letztere Symptom, anderen Beobachtern bisher entgangen, verdient eingehende Beachtung. Es besteht wesentlich darin, daß die Operierten zwar fühlen, daß man einen ihrer Finger krumm macht, sie können aber nicht sagen, welcher Finger es ist oder sie zeigen auf einen falschen Finger.

Deutlich alteriert war bei den Operierten ferner die Fähigkeit, den Grad der Rauzähigkeit einer Fläche (Taxiometer von Močutkovski) anzugeben. Sie erkannten auch nicht die betasteten Gegenstände (stereognostisches Gefühl). Das Schmerzgefühl war im Bereiche der affizierten Glieder anscheinend herabgesetzt, die entsprechenden Empfindungen waren unklar und ungenau, sie erschienen wie abgestumpft.

Zu bemerken ist jedoch, daß alle diese Erscheinungen am auffallendsten in den distalen Extremitätenabschnitten hervortraten, besonders an den Fingern, wobei sie in der Richtung nach oben bezw. proximalwärts allmählich nachließen. Eine strenge Übereinstimmung zwischen den paretischen Bewegungsstörungen und den Störungen der Sensibilität war dabei nicht zu finden.

Bei Gelegenheit zahlreicher operativer Eingriffe, die in letzterer Zeit in meiner Klinik gemacht wurden, fanden diese Beobachtungen auch in einer ganzen Reihe anderer Fälle Bestätigung. Ebenso waren in den von mir beobachteten Fällen aus dem russisch-japanischen Kriege mit Verletzung der Rinde der Centralwindungen die bestehenden Paralysen gewöhnlich begleitet von Abstumpfung der Haut- und Muskelsensibilität, welche in den distalen Extremitätengebieten höhere Grade aufwies.

Es geht somit aus den Beobachtungen am Menschen, sowie aus den früher dargelegten Experimentalbefunden mit Sicherheit hervor, daß die Centralwindungen der Gehirnrinde auch zu der Sensibilität in direkten Beziehungen stehen. Diese Beziehungen zu der Sphäre der Sensibilität finden, wie es scheint, darin ihren Ausdruck, daß hier die assoziierten Tastmuskelbilder aufgespeichert und festgehalten werden.

Man darf aber trotz dieser Beziehungen der Centra der Haut- und Muskelsensibilität zu den Bewegungscentren nicht vergessen, daß auch

die klinischen Befunde nicht der von einigen festgehaltenen Identifizierung beider Reihen von Centren günstig sind. Denn es besteht kein voller Parallelismus zwischen den Störungen der Sensibilität und den Störungen der Motilität.

Ich kann mich dabei unter anderem auf einige Fälle meiner Klinik berufen, in welchen die Rindencentra auf operativem Wege entfernt wurden. In einem Falle z. B. exstirpierte man einen Teil des Facialiscentrums, in einem anderen Fall einen Teil des Centrums für die Hand, bezw. für den Daumen. In beiden Fällen bestanden geringe, aber deutliche Störungen der Sensibilität bestehend in Abstumpfung der Tastempfindlichkeit am Gesicht, sowie in einer gewissen Verminderung der Schmerzempfindlichkeit und in einer kaum merklichen Abschwächung des Muskelgefühls im Bereiche der Finger.

Diese Erscheinungen ließen jedoch mit der Zeit allmählich nach und waren einige Wochen später definitiv verschwunden. Doch war in dem einen dieser Fälle, als bereits die sensiblen Störungen endgültig zurückgegangen waren, die Parese des Nervus facialis noch deutlich vorhanden.

In einem der in Rede stehenden Fälle war der mediale Teil der hinteren Centralwindung in großer Ausdehnung abgetragen worden. Man fand aber bei dem Kranken nach der Operation weder sensible, noch motorische Störungen.

c) Die Bedeutung der Centralwindungen für das stereognostische Gefühl.

Dadurch, daß die Region der Centralwindungen jenes Gebiet der Rinde darstellt, in welchem die Tastmuskelbilder festgehalten werden, erhält sie eine besondere Bedeutung auch für den Vorgang des Erkennens der Gegenstände.

Der Prozeß des Erkennens der umgebenden Gegenstände auf Grund von Tastmuskelempfindungen wird als stereognostisches Gefühl bezeichnet.

Wenn gegen diesen Terminus, wie schon früher bemerkt wurde, auch gewisse Bedenken erhoben werden können, so ist er dennoch vielfach angenommen und kann vorläufig noch nicht aufgegeben werden.

Dieses Erkennen der Gegenstände bildet im allgemeinen einen recht komplizierten Vorgang. Es bedarf dazu nicht nur der Perzeption der äußeren Gestalt des Gegenstandes, sondern auch der Kombination dieses Bildes mit einem schon aus Erfahrung bekannten Gegenstand, oder genauer gesagt der Kombination mit dem Abdruck eines früher aufgenommenen konkreten Bildes. Es handelt sich hier also nicht um die Assoziation eines Tastbildes mit dem Bilde der Lage des betreffenden Gliedes, sondern auch um die Existenz eines gewissen Vorrates älterer Bilder und schließlich um das Spiel der Assoziationen, wie bei jedem Erkennen überhaupt.

Man muß sich also das, was man stereognostisches Gefühl nennt, nicht vorstellen als eine besondere sensible Qualität, wie dies einige tun, sondern als einen komplizierten psychischen Prozeß, bei welchem es auf Grund der empfangenen Empfindungen zur Ausbildung eines Assoziationsspieles kommt, das nicht nur zur Entstehung eines einheitlichen Tastmuskelbildes des äußeren Gegenstandes führt, sondern auch zu einer

Vergleichung desselben mit einem früher in der Perzeption vorhanden gewesenen analogen Bilde. Auf Grundlage des Ergebnisses dieser Vergleichung findet das Erkennen des Gegenstandes statt.

Es versteht sich von selbst, daß die Erzeugung solcher Bilder ermöglicht wird durch eine voraufgehende Wahrnehmung von Haut- und Muskelempfindungen.

Markov betont die Neigung zur Verwandlung von Tastmuskeleindrücken in optische Bilder, was dem Gedächtnisse angeblich festere Erinnerungsbilder einprägen soll. Dies ist aber bereits ein für die Rindenprozesse gewöhnlicher weiterer assoziativer Akt, denn die optischen Bilder haben die Tendenz, sich mit den Tastmuskelbildern zu assoziieren.[1])

Claparède macht darauf aufmerksam, daß das Erkennen der Form der Gegenstände von der Übung abhängt und führt zur Bestätigung der Richtigkeit dieses Satzes zwei Fälle an. In einem dieser Fälle bestand bei einem 10 Jahre alten Knaben von früher Kindheit an Paralyse der linken Seite; das stereognostische Gefühl fehlte an der linken Extremität, während alle übrigen Empfindungen erhalten waren. Im zweiten Fall, der ein elfjähriges Mädchen betraf mit seit dem 8. Jahre bestehender rechtsseitiger Paralyse und Kontraktur der rechtsseitigen Extremitäten, war das stereognostische Gefühl erhalten, da vor dem Auftreten der Paralyse eine Übung der Gliedmaßen und Erkennen der Gegenstände stattgefunden hatte.[2])

Diese Tatsachen bezeugen in realer Weise, daß das stereognostische Gefühl nicht von Natur gegeben ist, sondern wie gesagt einen komplizierten psychischen Prozeß darstellt, welcher eine gewisse Übung und Erfahrung erfordert und somit als eine Funktion der Gehirnrinde erscheint.

In pathologischen Fällen von Störung des stereognostischen Gefühls empfinden die Kranken die getasteten Gegenstände, fühlen ihre Dimensionen und Konturen, vermögen sie aber nicht zu erkennen, da sie unfähig sind, die erhaltenen Empfindungen zu konkreten Bildern oder Spuren zu verarbeiten infolge einer Art psychischer Anästhesie, welche sich als Verlust der entsprechenden Bilder in ähnlicher Weise äußert, wie sich in anderen Fällen beispielsweise die Erscheinungen der Seelenblindheit darin äußern, daß die Umgebung wohl gesehen, aber infolge des Erlöschens der betreffenden optischen Bilder nicht erkannt wird.

Das Verhältnis des stereognostischen Gefühls zu der Gehirnrinde ist zuerst von Gowers erkannt worden.

In einem Fall mit Rindenaffektion, wo das Tastgefühl bei gewöhnlicher Prüfung sich als erhalten erwies, war der Kranke unfähig, einen Gegenstand, den man mit der affizierten Körperstelle in Berührung brachte, zu erkennen, während er diesen Gegenstand ohne weiteres erkannte, wenn er ihn mit der gesunden Seite in Berührung brachte.[3])

---

[1]) Kl. Markov, Contribution à l'étude de la perception stéréognostique. Thèse inaugurale. Genève 1900.

[2]) Claparède, La perception stéréognostique etc. Journ. de phys. et de path. génér. 1899. Nr. 5.

[3]) Gowers, a. a. O., Bd. 2, S. 92.

Auch andere Beobachtungen haben dargetan, daß dieses stereognostische Gefühl, wie es HOFFMANN zuerst genannt hat [1]), unter den verschiedensten Verhältnissen erlöschen oder sich erhalten kann unabhängig von dem Erlöschen oder Erhaltenbleiben der einzelnen sensiblen Qualitäten.

Späterhin haben einige Autoren, wie REDLICH [2]), WERNICKE [3]), ABA [4]) BOURDICAUD-DUMAY [5]), GASNE [6]) u. a. das stereognostische Gefühl von den übrigen Qualitäten der Sinnesoperation abgegrenzt.

Schon WERNICKE und STRÜMPELL haben darauf aufmerksam gemacht, daß es bei Cerebralaffektionen manchmal vorkommt, daß die Störungen der Sensibilität und die Affektion des stereognostischen Gefühls nicht miteinander zusammenfallen.

Dann erschienen in der Literatur Mitteilungen über Fälle von mehr oder weniger isolierter Affektion des stereognostischen Gefühls. Dahin gehört z. B. die Beobachtung von OLMSTED. [7])

GASNE gelangt mit Rücksicht auf zwei Fälle von vollkommen isolierter Affektion des stereognostischen Gefühls zu der Annahme eines besonderen cerebralen Centrums dafür.

Nach der Ansicht von WILLIAMSON, welcher ebenfalls einen Fall von Verlust des stereognostischen Gefühls beschrieb [8]), soll dieses mit der Funktion der Parietalwindungen unmittelbar hinter dem Centrum für die Hand im Zusammenhange stehen.

WALTON und PAUL glauben aus pathologischen Fällen schließen zu dürfen, daß in den Centralwindungen außer den rein motorischen Funktionen lokalisiert sind: das sog. stereognostische Gefühl, das Lagegefühl, der Raumsinn und das Gefühl der Lokalisation für Tastreize, also nicht die einfachen Empfindungen, sondern deren höhere Kombinationen. Dagegen seien das einfache Berührungsgefühl, das Schmerzgefühl und das Temperaturgefühl der Hand im Scheitellappen, für den Fuß vielleicht im Gyrus fornicatus zu lokalisieren. [9])

Auf jeden Fall lokalisieren sich die elementaren Formen der Sinnesbilder, wie das Berührungs-, Schmerz- und Temperaturgefühl im Bereiche der Hirnrinde jenseits der Centralwindungen, also in den hinteren Hemisphärengebieten, während in den Centralwindungen selbst diese Bilder sich zum stereognostischen Gefühl assoziieren. Dieses Gefühl ist das Endresultat eines unbewußten Schätzungsvorganges. Ganz zu-

---

1) HOFFMANN, Stereognostische Versuche angestellt zur Ermittelung etc. Diss. inaug. Straßburg. 1883. Deutsches Arch. f. klin. Med. 1884 u. 1885.

2) REDLICH, Wiener klin. Wschr. 1893.

3) WERNICKE, Zwei Fälle von Rindenläsion. Arbeiten aus der psych. Klin. Heft II. Breslau 1895.

4) ABA, Etude clinique sur les troubles de la sensibilité général. Thèse de Paris 1896.

5) BOURDICAUD-DUMAY, Recherches cliniques sur les troubles de la sensibilité générale, du sens musculaire et du sens stéréognostique. Thèse de Paris. 1897.

6) GASNE, Sens stéréognostique et centres d'association. Nouv. Iconographie de la salpêtrière. 1898. Nr. 1.

7) F. OLMSTED, A case of cerebral ataxia etc. Journ. of nerv. and ment. dis. 1898. XXV.

8) WILLIAMSON, On loss of the stereognostic sense. Brit. med. Journ., 1899.

9) G. WALTON and E. PAUL, Contribution to the study of the cortical sensory areal. Brain 1901.

erst formiert sich das Gefühl der Lage der Glieder im Raume, welches die Grundlage des stereognostischen Sinnes bildet.

Nach der Ansicht von Walton und Paul spielen bei der Entstehung von Störungen des stereognostischen Gefühls die Hauptrolle Affektionen des Raumsinnes; eine mehr nebensächliche Bedeutung hat in dieser Beziehung demnächst das Lage-, Berührungs-, Druck-, Temperatur- und Schmerzgefühl.

Walton und Paul unterscheiden mehrere Centra für die Sensibilität. Das niederste sensible Centrum soll sich im Scheitellappen finden und im Dienste der Berührungs-, Temperatur- und Schmerzperzeption stehen; ein zweites, höheres Centrum für die assoziativen Erinnerungsbilder findet sich mehr nach vorne von jenem; ein drittes kinetisches Centrum, in welchem das stereognostische Gefühl definitiv zur Ausbildung gelangt, liege in nächster Nachbarschaft der motorischen Centra.[1])

Dieser Hypothese schließt sich auch Diller zum Teil an. Er beschreibt zwei Fälle mit Affektionen des stereognostischen Gefühls.[2]) In einem dieser Fälle bestand eine Affektion des mittleren Teiles der Centralwindungen; im zweiten Fall handelte es sich um einen Tumor, welchen Diller wegen der Analogie mit dem ersten Fall ebenfalls in die Centralwindungen verlegt. Die Rinde des Scheitellappens dient nach der Ansicht von Diller, die mit der vorhin dargestellten Hypothese von Walton und Paul übereinstimmt, auch zur Perzeption der einfachsten Sinneseindrücke, so z. B. des Tast-, Schmerz- und Temperatursinnes. Affektionen der Centralwindungen bedingen Störungen der zusammengesetzten Empfindungen, so z. B. des Lage-, Raum- und Muskelsinnes.

Affektionen des stereognostischen Gefühls sollen, wie Burr unter Aufführung von fünf einschlägigen Beobachtungen annimmt, ohne jede andere Störungen der Sensibilität bestehen können. Er mißt daher den einzelnen Sinnesqualitäten bezüglich des Erkennens der Form der Gegenstände keine große Bedeutung bei, um so mehr, als die Bedeutung jeder Sinnesqualität mehr von dem Gegenstand selbst abhängt, sodaß für das Erkennen eines Gegenstandes der Temperatursinn gelegentlich eine größere Rolle spielt, als der Muskelsinn. Nach der Ansicht von Burr hängt das Erkennen der Form der Gegenstände sowohl mit der Erhaltung der nervösen Leitungsbahnen, als auch mit der Integrität der sensitiven und perzeptorischen Rindengebiete zusammen. Dieses rezeptorische Gebiet ist im Scheitellappen lokalisiert, wo die Sinneseindrücke in Erinnerungsbilder der Gegenstände verwandelt werden; zum Teil fällt sie mit der Sinnesregion zusammen, doch sind beide nicht mit einander identisch.[3])

Einige Autoren versuchen sogar eine genauere Bestimmung der Lokalisation des stereognostischen Gefühls in der Rinde durchzuführen. Bourdicaud-Dumay weist z. B. auf das Rindengebiet zwischen oberem

---

[1]) G. Walton und E. Paul, The clinical value of astereognosis etc. Journ. of Nerv. and ment. dis. 1901.

[2]) Th. Diller, Two cases of astereognosis. Brain 1901.

[3]) W. Burr, Stereognosis all id condition. Americ. Journ. of. med. sciences. März 1901.

und mittlerem Drittel der hinteren Centralwindungen als Centrum des stereognostischen Gefühls hin.

Einzelne interessante Fälle von Affektionen des stereognostischen Gefühls werden auch von Frey[1]), Olmsted[2]), Rybalkin[3]), Sniker[4]) mitgeteilt. Gleiches beobachtete auch ich mehrfach bei pathologischen Affektionen der Centralwindungen, sowie bei operativer Excision von Teilen der hinteren Centralwindung und kortikalen Schußverletzungen daselbst.

Wie sich aus dem Bisherigen ergibt, deuten manche Beobachtungen mehr oder weniger entschieden auf eine Lokalisation des stereognostischen Gefühls an den Centralwindungen, eine Annahme, die mit meinen vorhin dargelegten Auffassungen voll und ganz übereinstimmt.

Man muß im Hinblicke auf alle bisherigen Darstellungen zu der Ansicht kommen, daß in den Centralwindungen sich eine sekundäre Reflexion der Tast-Muskelerregungen vollzieht, auf Grund welcher die Schaffung von Tast-Muskelbildern der einzelnen Gegenstände stattfindet. In diesen Windungen werden wohl auch die Abdrücke früher erzeugter konkreter Tast-Muskelbilder festgehalten.

d) Das Verhältnis des Gyrus sigmoideus bezw. der Centralwindungen zu den organischen Empfindungen und zu den Allgemeingefühlen.

Man darf aber weiterhin annehmen, daß in der sensitiv-motorischen Zone nicht nur eine Erzeugung von Tastmuskelbildern stattfindet, sondern daß hier auch mannigfaltige organische Empfindungen, sowie emotive Zustände ihren Ausgangspunkt haben.

Dafür, daß in diesen Rindenregionen auch die organischen Empfindungen lokalisiert sein müssen, spricht der Umstand, daß hier, wie wir später einsehen werden, Centra für die Bewegungen der inneren Organe vorkommen. Dies deutet auf eine Analogie mit den motorischen Centren, welche mit näheren Beziehungen zu den Centren der Haut- und Muskelsensibilität stehen. Diese Analogie läßt vermuten, daß auch die Centra der organischen Empfindungen in denselben Teilen der Gehirnrinde lokalisiert sein möchten, wo sich auch die Centra für die Bewegungen der inneren Organe vorfinden und überhaupt die Centra aller sogenannten organischen Funktionen.

Noch weitere Stützen können für diesen Satz geltend gemacht werden. Erstens der Umstand, daß bei der Zerstörung der Centralwindungen in der Regel auch Anästhesie der Schleimhäute, z. B. des Auges und der Mundhöhle auftritt; ferner die Tatsache, daß im Falle der Abtragung der sensitiv-motorischen Zone der Gehirnrinde des Hundes ein auffallender Verlust des Nahrungsbedürfnisses konstatiert werden konnte.

Vorhanden war dieser Mangel des Nahrungsbedürfnisses beim

---

[1]) E. Frey, Sitzb. d. Psych. Neur. Section d. Königl. Ungar. ärztl. Vereins zu Budapest. Centr. f. Neur. 1902, S. 244.

[2]) F. Olmsted, Journ. of nerv. and ment. dis. 1898, XXV.

[3]) Rybalkin, Über einen operierten Fall von Rindenepilepsie. Boln. gas. Botkina. 1900.

[4]) Sniker, Ein Fall von syphilitischer Meningoencephalitis mit Jackson'scher Epilepsie und Verlust des stereognostischen Gefühles. Obosrên. psihiatr. 1904.

Hunde auch nach zweiseitiger Zerstörung nur der lateralen Abschnitte der sensitiv-motorischen Zone, wo sich nach Befunden meines Laboratoriums (Dr. Trapešnikov) die Kau- und Schluckcentra finden.

Demnach sind jene organischen Empfindungen, welche dem Instinkt des Nahrungsbedürfnisses zu Grunde liegen, mit Sicherheit in die sensitiv-motorische Zone der Gehirnrinde verlegt worden.

Gleiches gilt aber auch von dem Geschlechtstrieb. Dieser steht ja in nächster Beziehung zu der Art und Weise der Ausbildung der Geschlechtsorgane, deren Centra, wie wir sehen werden, ebenfalls im Bereiche der sensitiv-motorischen Zone zu suchen sind.

Anzunehmen ist ferner, daß vor allem in der sensitiv-motorischen Zone der Gehirnrinde auch die sogenannten emotiven Zustände lokalisiert sein möchten. Die allgemeinen Emotionen haben nach der Annahme von Hartenberg[1]) ihren Sitz im Territorium der allgemeinen Körperfühlsphäre von Flechsig, welche die Centralwindungen, den Lobulus paracentralis, den benachbarten Teil des Gyrus fornicatus und den hinteren Teil der Stirnwindungen umfaßt.

Die experimentellen Befunde stehen diesem Satze entschieden zur Seite.

Wenn wir bei einem Hunde oder Affen die sensitiv-motorische Zone samt den angrenzenden Parietalgebieten an beiden Hemisphären abtragen, so tritt bei den Versuchstieren außer den bekannten Veränderungen der Haut- und Muskelsensibilität und den entsprechenden Bewegungsstörungen eine erstaunliche Gleichgültigkeit und ein Mangel aller psychisch bedingten Ausdrucksbewegungen (Freude, Dankbarkeit, Ergebenheit usw.) auf, bei Erhaltung des rein reflektorischen Ausdruckes der Emotionen niederen Ranges. Gleichzeitig führt die Abtragung der sensitiv-motorischen Zone auch zu einem Ausfall der psychischen Beeinflussung der motorischen und sekretorischen Tätigkeit der inneren Körperorgane.

Die Centra einiger Emotionen, wie des Zornes usw., sowie der mimischen Bewegungen sind schon in den niederen Gehirncentren, nämlich wie schon früher erwähnt, im Thalamus lokalisiert, und sogar im Verlängerten Mark, da Hemicephalen ohne Hemisphären und ohne Thalami noch mimische Bewegungen machen und schreien können.[2]) In Fällen von pathologischer Affektion der Thalami beobachtet man mimische Paralyse des Gesichts, und in Fällen von irritativen Herdaffektionen sind choreaähnliche Erscheinungen, gelegentlich sogar Zwangslachen und drohende Gestikulationen bemerkt worden.[3]) In die Gehirnrinde waren also offenbar auch emotive Zustände projiziert, welche sich früher in den subkortikalen Ganglien entwickelten. Hier ergaben sich Anknüpfungspunkte an die neuere Emotionstheorie von James und Lange, welche entgegen Soury, Lehmann und Kraepelin von vielen Autoren und darunter neuerdings auch von Legie unterstützt wird.[4])

In neuester Zeit hat Moebius den Instinkt der Elternliebe zu analysieren versucht. Er findet darin einen selbständigen Instinkt im Sinne

---

[1]) P. Hartenberg, Les timides et la timidité. Paris. 1901.
[2]) Sternberg, Zeitschr. f. klin. Med. Bd. 52, S. 500.
[3]) Benaky, Arch. de Neurol. t. XVIII, S. 381.
[4]) Legie, Les émotions. Paris. 1903.

der GALL'schen Lehren und äußert die Vermutung, daß derselbe eher in den hinteren, als in den vorderen Teilen der Gehirnrinde lokalisiert sein müßte.[1]) Eine hinreichende tatsächliche Grundlage geht diesen Vermutungen jedoch ab.

Ich möchte grade im Gegenteil meinen, daß die Gefühle, welche dem Instinkt der Elternliebe zu Grunde liegen, in die gleichen Gebiete der Gehirnrinde zu verlegen sind, in welchen nach meiner Ansicht alle übrigen organischen Empfindungen ihren Sitz haben, nämlich in den Centralwindungen und in der Parietalregion. Denn im Falle der Zerstörung dieser Rindengebiete gelingt es nicht mehr, bei den operierten Tieren die gewöhnlichen Äußerungen der Elternliebe zu bemerken.

e) Die sensible Regulation der kortikalen Bewegungen.

Was nun die Ursachen der motorischen Störungen betrifft, welche nach Abtragung des Gyrus sigmoideus bezw. der Centralwindungen auftreten, so kommt in dieser Beziehung der Umstand in Betracht, daß die sensiblen Störungen in keinem Fall eine hinreichende Erklärung für die beobachteten Bewegungsstörungen liefern können, denn jene entsprechen diesen nicht bezüglich der Intensität, und in einzelnen Fällen gehen die sensiblen Störungen mehr oder weniger vollständig zurück, während die Störungen der Motilität lange Zeit fortbestehen können. Man ersieht daraus, daß die Bewegungsstörungen, welche nach Läsionen der Gehirnrinde eintreten, von der Haut- und Muskelsensibilität unabhängig sind.

Nichtsdestoweniger ist die Existenz gewisser Beziehungen zwischen den Sinnescentren der Gehirnrinde und jenen Bewegungsemotionen, von welchen vorhin die Rede war, nicht zu leugnen.

Die isolierten oder Zweckbewegungen tauchen nämlich nicht allein spontan und selbständig auf Grund älterer, früher stattgehabter Eindrücke auf, sondern können sich auch als Folge direkter Erregung von Haut- und Muskelempfindungen, sowie von Gehörs-, Geruchs- und Geschmacksreizen darstellen. Dadurch gewinnen gewisse Beziehungen zu der motorischen Zone der Gehirnrinde sowohl die in ihrer Nachbarschaft befindlichen Centra der konkreten Tast-Muskelbilder, als auch die Centra anderer (optischer, akustischer, olfaktiver, gustatorischer) Sinnesbilder.

Diese näheren Beziehungen zwischen den Sinnes- und Bewegungscentren der Gehirnrinde bringt augenscheinlich jenen Zusammenhang zwischen Sensibilität und Motilität zum Ausdrucke, welcher in der Physiologie des Nervensystems seit den bekannten Experimenten von CH. BELL bekannt ist (Paralyse der Oberlippen beim Esel und Pferd nach der Durchschneidung des sensiblen Nervus infraorbitalis).

Es bedarf offenbar einer entsprechenden Schätzung bestimmter Sinneseindrücke, um feinere und regelmäßige Muskelkontraktionen, welche von den kortikalen Bewegungscentren abhängen, zu erfüllen. Mit anderen Worten, die Sensibilität bildet eine notwendige Vorbedingung der Zweckbewegungen. Man kann dieses Verhältnis als Sinnesregulation der Zweckbewegungen bezeichnen.

---

[1]) Dr. P. MÖBIUS, Geschlecht und Kinderliebe. Halle. 1904.

Wenn das Kind sprechen lernt, richtet es sich nach Schalleindrücken, die es empfängt, wenn es auf die Sprache der Erwachsenen lauscht. Das Kind verbessert seine Aussprache so lange, bis das Ausgesprochene vollkommen der Sprache der Erwachsenen gleich ist. In früher Kindheit aufgetretene Taubheit, welche konsekutiv zur Stummheit führt, ist ein offenbares Zeugnis für den Einfluß akustischer Eindrücke auf die Sprache. Doch kommen für die Sprache auch andere regulatorische Empfindungen in Betracht, denn die Taubstummen können bei entsprechender Schulung schließlich mittels Tast-, Muskel- und optischen Empfindungen sprechen lernen.

Von dem Bestehen einer solchen Regulation der Zweckbewegungen durch Muskelempfindungen kann man sich auch in Fällen hochgradig ausgesprochener Anästhesien leicht überzeugen. Denn in diesen Fällen können die Kranken einen Gegenstand nur so lange halten, so lange das Auge die Oberleitung über ihre Bewegungen hat. Die Bedeutung des Auges für die Bewegungen tritt am klarsten bei der Ataxie hervor. Wir wissen ja, wo der regulatorische Einfluß der Tast- und Muskelempfindungen infolge bestehender Anästhesien gestört oder aufgehoben ist, die Kranken bei geschlossenen Augen ganz unfähig sind, zu stehen oder zu gehen (Romberg'sches Phänomen), während ihre Bewegungen bei offengehaltenen Augen, wo sie sich also der optischen Eindrücke bedienen, sich wesentlich besser vollziehen.

Auf diesem Prinzip beruht bekanntlich die neueste von Fraenkel angegebene Behandlungsmethode der Ataxie durch Gymnastik unter Kontrolle des Auges.

Demnach befindet sich die Innervation der isolierten bezw. Zweckbewegungen unter dem regulatorischen Einflusse der taktilen, algetischen, muskulären, akustischen und optischen Empfindungen. Es erweist sich dabei, daß für gewisse Bewegungen vorwiegend diese, für andere Bewegungen jene Empfindungsqualität bestimmend ist. Die Sprache z. B. wird anscheinend in höherem Maße durch akustische, als durch andere Empfindungen reguliert; für die Extremitätenbewegungen dagegen sind in erster Linie die Tast- und Muskelempfindungen maßgebend; für die Bewegungen der Augäpfel sind teils Tast- und Muskeleindrücke, teils optische Eindrücke von Bedeutung; auf die Bewegungen der Ohrmuschel der Tiere üben wahrscheinlich zum Teil Tast- und Muskelempfindungen, hauptsächlich aber Schallreize einen regulatorischen Einfluß. Auch ist kaum daran zu zweifeln, daß die Bewegungen der Nasenflügel und der Schnauze bei den Tieren im wesentlichen Maße durch Geruchsempfindungen geregelt werden, während die Bewegungen der Zunge außer Tast- und Muskelempfindungen im wesentlichen Grade mit den Geschmackseindrücken zusammenhängen.

Für viele andere Zweckbewegungen kommen gleichzeitig mehrere Sinnesqualitäten (muskuläre, taktile, optische, akustische Eindrücke) als regulatorische Faktoren in Betracht.

Aus diesen Ausführungen ergibt sich also, daß mit den Bewegungscentren nicht allein die Centra der Haut-Muskelempfindungen im Zusammenhang stehen, sondern auch alle übrigen Sinnesfelder, von welchen aus motorische Impulse angeregt werden können.

Es bedingt daher der alleinige Ausfall der sensiblen Haut-Muskelcentra in keinem Falle ein Hindernis für das Zustandekommen der kortikalen motorischen Reaktion, welche auch von anderen Sinnescentren

aus angeregt werden kann. Jedoch verliert das Versuchstier, falls die motorische Zone zerstört wird, die Fähigkeit, nicht nur schwache Haut- und Muskelreize, sondern auch optische, akustische und andere Eindrücke mit entsprechenden Zweckbewegungen zu beantworten.

Daß ein solches Tier die Zweckbewegung nicht entsprechend den jeweiligen optischen Impulsen einzurichten vermag, ohne dabei blind zu sein, bezeugt der schon früher erwähnte Hitzig'sche Versuch, in welchem der Hund ohne motorische Zone die Pfote selbst dann nicht fortnimmt, wenn er die herankommende große Nadel sieht, während sich das Tier dieser Extremität beim Laufen ebensogut bedient, wie der gesunden. Aus dem gleichen Grunde können Tiere nach vollzogener Abtragung der motorischen Zone der Gehirnrinde, ohne in Wirklichkeit blind zu sein, nicht selten ihre Bewegungen nicht mit den optischen Eindrücken in Einklang bringen, weshalb sie oft an die Gegenstände anstoßen und von den Rändern der Treppenstufen herabstürzen.

Das Unvermögen dieser Tiere, auf entsprechende Schalleindrücke mit Zweckbewegungen zu antworten, erkennt man beim Pfotereichen zu welchem die in der angegebenen Weise operierten Tiere bekanntlich nicht zu bringen sind.

Wenn bei den operierten Hunden das Centrum für die Kieferbewegungen zerstört wurde, so können sie bekanntlich das hingeworfene Fleisch nicht erfassen, wenn sie auch vorzüglich riechen und ihre Geschmackseindrücke vollkommen sich erhalten haben. Ebensowenig können die operierten Tiere bei entsprechenden Geschmackseindrücken mit dem Bissen fertig werden, welchen man ihnen in den Mund geschoben hat.

Kurz, die operierten Tiere sind unfähig geworden, Einzelbewegungen unter dem Einflusse von Haut- und Muskelreizen, sowie von Gesichts-, Gehörs-, Geruchs- und Geschmackseindrücken auszuführen, wenn auch alle Reflexbewegungen unter dem Einflusse aller dieser Reize vollkommen regelrecht bei ihnen zu Stande kommen. Auch bei der Einwirkung von schmerzhaften Reizen reagieren die operierten Tiere durch entsprechende Bewegungen, die aber ganz und gar reflektorischer Natur sind.

Die in der angegebenen Weise operierten Tiere sind also zur Ausführung von Zweckbewegungen vollkommen unfähig geworden, gleichgültig woher der ursprüngliche Anstoß zu solchen Bewegungen herkommen möge. Dagegen vollziehen sich die statischen und lokomotorischen Bewegungen (Stehen, Gehen, Laufen), sowie gewisse Ausdrucksbewegungen, welche unter Mitwirkung von Centren der basalen Gehirnganglien zu Stande kommen und durch Impulse von den Sinnesfeldern der Gehirnrinde angeregt werden, bei den operierten Tieren in vollkommen regelrechter Weise.

Indessen ist es nicht gerechtfertigt, die Bewegungsstörungen im vorliegenden Fall ausschließlich darauf zu beziehen, daß die Impulse von den Sinnescentren nicht zu den Centren für die Muskulatur gelangen. Denn im Falle der Abtragung der Bewegungscentren bedient sich das Tier bei den Zweckbewegungen nicht nur der Sinneseindrücke, sondern es ist auch zur Ausführung der Zweckbewegungen unfähig geworden. Mit anderen Worten, es besteht eine vollendete Paralyse der Muskeln, deutlich ausgeprägt bei sämtlichen höheren Tieren (Hund,

Katze) und namentlich hochgradig bei den Affen und beim Menschen. Diese Paralyse steht daher, wie wir gesehen haben, keineswegs in einem direkten Verhältnis zu den Veränderungen der Sensibilität. Im Gegenteil, die Sensibilität kann in Fällen von Zerstörung der motorischen Zone der Gehirnrinde, wie schon früher bemerkt wurde, im Laufe der Zeit mehr oder weniger oder auch gänzlich wiederhergestellt werden, während die Paralyse der Bewegungen im Laufe der Zeit zwar besser wird, aber immer noch in auffallendem Grade fortbesteht, nachdem die Sensibilität bereits vollständig zurückgegangen ist.

Man kann nicht umhin, in diesem Verhalten ein unwiderlegliches Zeugnis dafür zu erblicken, daß die Bewegungsstörungen in Fällen von Zerstörung der motorischen Zone der Gehirnrinde einen gewissen Grad von Selbständigkeit haben. Dies gilt wenigstens von den höheren Tierordnungen.

3. Topographisches Verhalten der einzelnen Bewegungscentra in der Hirnrinde.

Der Darstellung der topographischen Anordnung der einzelnen motorischen Rindencentra ist hier zunächst die Bemerkung voranszuschicken, daß die Ansbildung dieser Centra bei den verschiedenen Tierordnungen innerhalb sehr weiter Grenzen schwankt. Ihre Zahl wächst im Maße des Aufsteigens der Tiere in der zoologischen Rangfolge.

Geht man von den Versuchen mit partiellen Läsionen der Gehirnrinde aus, so kommt man zu dem Schluß, daß bei den Primaten der oberste Abschnitt der Centralwindungen von dem Centrum für das Bein okkupiert wird; der mittlere Teil der Centralwindungen beherbergt das Centrum für den Arm, der untere bezw. laterale Abschnitt dieser Windung führt Centra für Gesicht, Zunge, Kauen und Schlucken. Außerdem liegt im hinteren Abschnitt der zweiten Stirnwindung das Augencentrum, im hinteren Abschnitt der ersten Stirnwindung das Centrum für die Bewegungen des Kopfes und Rumpfes.

a) Topographische Anordnung der kortikalen Bewegunscentra des Hundes.

Eine ziemlich analoge Anordnung der Bewegungscentra findet man beim Hunde im Bereich des Gyrus sigmoideus. Hier lagen in der Richtung von innen nach außen die Centra für die hintere und vordere Extremität, dann folgt das Centrum für das Gesicht und die Zunge, demnächst das Centrum für Kauen und Schlucken; vor dem Sulcus cruciatus endlich hat das Centrum für die Bewegungen des Kopfes und der Augen seinen Platz.

1. *Literarische Übersicht.* — Wir haben schon früher gesehen, daß Fritsch und Hitzig unter Benutzung des konstanten Stromes ursprünglich zur Unterscheidung folgender Centra an der Gehirnoberfläche des Hundes gelangt waren:

1. Das Centrum für die Halsmuskeln vor dem unteren Ende des Sulcus cruciatus.

2. Das Centrum für die Muskeln, welche die vordere Extremität strecken und anziehen, am Ende des Sulcus cruciatus.

3. Das Centrum für die Flexions- und Rotationsbewegungen der vorderen Extremitäten, ein wenig hinten von dem vorigen gelegen.

4. Das Centrum für die hintere Extremität, nach hinten vom Sulcus cruciatus und nach innen von dem vorigen Centrum.

5. Das Centrum für die Gesichtsmuskeln, im Gebiete der zweiten Primärwindung hinter allen bisher genannten Centren gelegen.

Späterhin hat Hitzig dieses ursprüngliche Schema durch Entdeckung des Centrums für die Augenmuskeln vervollständigt.[1]) Er verlegte dieses Centrum in die Nachbarschaft des Facialiscentrums. Diese beiden Centra betreffen bereits das Parietalgebiet; von ihnen war schon früher bei der Darstellung der Funktionen dieser Teile die Rede.

Zu erwähnen ist ferner, daß Ferrier unter Anwendung des faradischen Stromes zur Untersuchng der motorischen Centra gefunden hat, daß man bei der Reizung der Gehirnoberfläche des Hundes von einem weit ausgedehnteren Areale aus Bewegungen erzielen, kann. Die Zahl der Einzelcentra an der Gehirnoberfläche des Hundes übertrifft außerdem bedeutend die Zahl der ursprünglich von Fritsch und Hitzig angegebenen Centra.

Es mag hier genügen, zu bemerken, daß Ferrier bei der Reizung der Gehirnoberfläche des Hundes mit dem faradischen Strom folgende Bewegungen hervorrufen konnte:

1. Öffnen der Lidspalte des kontralateralen Auges und Erweiterung der Pupille unter Drehung des Kopfes und der Augäpfel nach der entgegengesetzten Seite bei der Reizung der Rinde vor dem Sulcus cruciatus (12).

2. Bei der Reizung hinter dem Sulcus cruciatus, vom lateralen Rande des Gyrus sigmoideus in der Richtung nach innen erhielt Ferrier Erhebungen der Schulter und Streckung der kontralateralen vorderen Extremitäten (5), Kontraktion und Adduktion der kontralateralen vorderen Extremität (4), Vorwärtsbewegungen der hinteren Extremität wie beim Gehen (1) und Seitwärtsbewegungen des Schwanzes (3).

3. Weiter nach außen vom Gyrus sigmoideus am Orte der zweiten und eines Teiles der dritten Primärwindung fand Ferrier noch Centra für die Kontraktionen der Gesichtsmuskeln, für den M. orbicularis oculi und für den M. zygomaticus, und endlich noch mehr lateralwärts ein Centrum für die Bewegungen der Kiefer und für die Kontraktionen der Zungenmuskulatur.

4. Außerdem gibt Ferrier im Bereiche der zweiten Primärwindung, aber mehr zur Occipitalregion zu Punkte an, deren Reizung Bewegungen der Augäpfel nach der kontralateralen Seite, Pupillenverengerung und geringen Lidverschluß hervorruft.

5. Ferner bezeichnet Ferrier auf der dritten Primärwindung über dem hinteren Ende der Fissura Sylvii ein Centrum für die Aufrichtung und Zusammenziehung des kontralateralen Ohres.

6. An Ort und Stelle der vierten Primärwindung unmittelbar vor dem Beginn der Fossa Sylvii findet Ferrier ein Centrum für die Nasenbewegungen nach der gereizten Seite. Endlich

---

[1]) Hitzig, Untersuchungen über das Gehirn.

7. Beschreibt Ferrier noch ein weiteres Centrum auf der Oberfläche der vierten Primärwindung im Niveau der Fissura Sylvii, dessen Reizung beim Hunde Bellen hervorruft.

Ferrier unterscheidet demnach eine weitaus größere Zahl von Centren, als Fritsch und Hitzig, und auch das von ihnen okkupierte Areal wird wie gesagt von ihm größer angegeben. Von 11 Centren verbreiten sich fünf im Gebiet des Gyrus sigmoideus, alle übrigen Centra haben im Gebiete der zweiten, dritten und vierten Primärwindung teils nach außen, teils weit nach hinten vom Gyrus sigmoideus ihren Platz.

Wir erwähnten auch, daß Ferrier bezüglich der Anordnung der motorischen Centra außer Hunden noch einige andere Tiere untersuchte. So z. B. fand er beim Schakal ebensoviel motorische Centra, wie beim Hunde. An der Gehirnoberfläche der Katze eruierte er bis zu elf Centren, ferner sieben motorische Centra am Gehirn des Kaninchens, mehrere Centra an der Gehirnoberfläche des Meerschweinchens und der Maus und bis zu fünfzehn motorischen Centren an der Gehirnoberfläche der Affen (Macacus).

Die Befunde Ferrier's sind von Hitzig angegriffen worden, da jener sich ganz bedeutender Stromstärken bei seinen Untersuchungen bediente.

Zu solchen Angriffen gab der Umstand Veranlassung, daß Ferrier u. a. Bewegungen von solchen Stellen aus erzielte, welche, wie der Occipital- und Temporallappen, bei der Reizung mit schwachen Strömen gewöhnlich keine motorischen Wirkungen ergeben. In der Folge hat Ferrier selbst zugegeben, daß mehrere der von ihm beschriebenen Centra in Wirklichkeit keine motorischen Centra sind; die von ihnen aus erzielbaren Bewegungen erklärt er als Reflexbewegungen, entstanden durch Erregung bestimmter Sinnescentra. Aber trotz dieser Einschränkungen bleiben zwischen dem Ferrier'schen und Hitzig'schen Schema dennoch bedeutende Unterschiede übrig, welche die Zahl sowohl, als auch die Verteilungsweise der Rindencentra betreffen.

Von den Untersuchungen der Folgezeit, welche sich auf die topographische Anordnung der Rindencentra beziehen, verdienen die Befunde von Unverricht und Jänicke Erwähnung.[1]

Nach den Untersuchungen dieser Autoren verbreiten sich die Bewegungscentra beim Hunde nahezu über die ganze Ausdehnung des Gyrus sigmoideus vor und hinter dem Sulcus cruciatus. Die Centra für das Gesicht und die Augen finden sich nach diesen Ermittelungen etwas nach außen und z. T. auch nach hinten vom Gyrus sigmoideus. Man muß dabei aber beachten, daß Unverricht und Jänicke im Gyrus sigmoideus und dessen Nachbargebieten weitaus mehr differenzierte Centra lokalisieren, als dies Hitzig und Ferrier tun. Nach ihren Befunden gibt es auf der linken Hemisphäre des Hundes Centra, deren Reizung folgende Bewegungen ergibt:

1. Kontraktionen des M. orbicularis oculi,
2. Bewegungen im unteren Teil des Gesichts,
3. Schließung der Kiefer,
4. Abduktion der Zunge,

---

[1]) Unverricht, Arch. f. Psychiatrie. Bd. 19.

5. Kontraktionen der rechten Hälfte der Zunge,
6. Kontraktionen der linken Hälfte der Zunge,
7. Kontraktionen des linken M. risorius,
8. Zusammenziehung der Schnauze,
9. Muskelkontraktionen der vorderen Extremität,
10. Drehung des Nackens nach links,
11. Muskelkontraktionen der hinteren Extremität,
12. Erweiterung der Pupillen, Oeffnung der Lidspalte und Drehung des Augapfels nach rechts,
13. Kontraktion der rechten Ohrmuschel.

Die zuletzt genannten beiden Punkte liegen jedoch schon in weitem Abstand von dem Gyrus sigmoideus, nämlich Punkt 12 an der Außenfläche der Hinterhauptregion der Gehirnrinde, Punkt 13 ein wenig über dem hinteren Ende der Fissura Sylvii.

Varetz' unter Exner's Leitung ausgeführte Untersuchungen interessieren hier in erster Linie wegen der benutzten Methode. Varetz griff behufs Reizung der Rindencentra zu dem alten konstanten Strom zurück, dessen sich bekanntlich noch Fritsch und Hitzig bedienten. Außerdem benützte Varetz die Methode der Umschneidung des zu untersuchenden Centrums unter nachfolgender Unterschneidung bezw. Unterminierung der Centra. Ersteres geschah mit der Absicht, um das betreffende Centrum von den umgebenden Teilen vollständig zu isolieren: nach der Ansicht von Varetz ist der Nachweis eines Centrums überhaupt nur in dem Fall als erbracht anzusehen, wenn auch nach vollzogener Umschneidung desselben seine Reizung noch einen entsprechenden motorischen Effekt liefert. Die Unterminierung der Centra soll den motorischen Effekt ausschalten, um die Möglichkeit der Annahme auszuschließen, daß eine erzielte Bewegung durch Stromverbreitung auf die subkortikalen Centra zu Stande kam.

Das wesentlichste Ergebnis dieser Versuche[1]) bestand nun in folgendem:

Die motorischen Centra sind nach Ansicht von Varetz nicht punktförmig und nicht von einander durch freie Zwischenräume getrennt. Im Gegenteil, der hintere und äußere Abschnitt des Gyrus sigmoideus bildet ein einheitliches großes Feld für die Muskulatur der Extremitäten, für die Flexoren und Extensoren der Finger, für den M. abductor pollicis, für die Flexoren und Extensoren der hinteren Extremität, deren Centra zum Teile einander überlagern.

Die neben dem Gyrus sigmoideus gelegene Windung ist ein Rindengebiet, in welchem die Centra für den M. orbicularis palpebrarum sich verbreiten. Was die Region des Gesichts betrifft, so ist sie von der Region der Extremitäten vollständig getrennt.

Außer diesen Centren, welche Exner als absolute Rindenfelder bezeichnet, werden noch relative Rindenfelder unterschieden, deren Zerstörung ebenfalls die Funktion der entsprechenden Muskeln verändern kann.

Die von Varetz benutzte Methode der Umschneidung der Rinden-

[1]) Vgl. die Mitteilung von Sigm. Exner über die Arbeit von Dr. Varetz in der Versammlung der Deutschen Naturforscher und Ärzte zu Straßburg am 18.—23. September 1885. Neurolog. Centralbl. 1885, Nr. 20.

felder eignet sich nach meiner Ansicht mehr für den speziellen Fall, wenn festgestellt werden soll, ob wir es an einem gegebenen Punkte der Gehirnrinde mit einem selbständigen Centrum, welchem eigene absteigende Leitungsbahnen zukommen, zu tun haben, oder ob das zu untersuchende Rindengebiet auf motorische Leitungsbahnen, welche von einem anderen Centrum herrühren, Einfluß ausübt. Ebenso zielt die Unterminierung der Gehirnrinde auf den Nachweis ab, daß einem gegebenen Centrum eigene Leitungssysteme zukommen und daß es nicht durch die Vermittlung anderer Rindencentra Bewegungen bewirkt.

Im Sinne dieser speziellen Aufgaben sind die genannten beiden Methoden auch von mir selbst z. T. schon vor den Untersuchungen von Varetz angewendet worden, aber unter Benutzung des faradischen Stromes zur Untersuchung der Gehirnrinde. Damit komme ich zu meinen

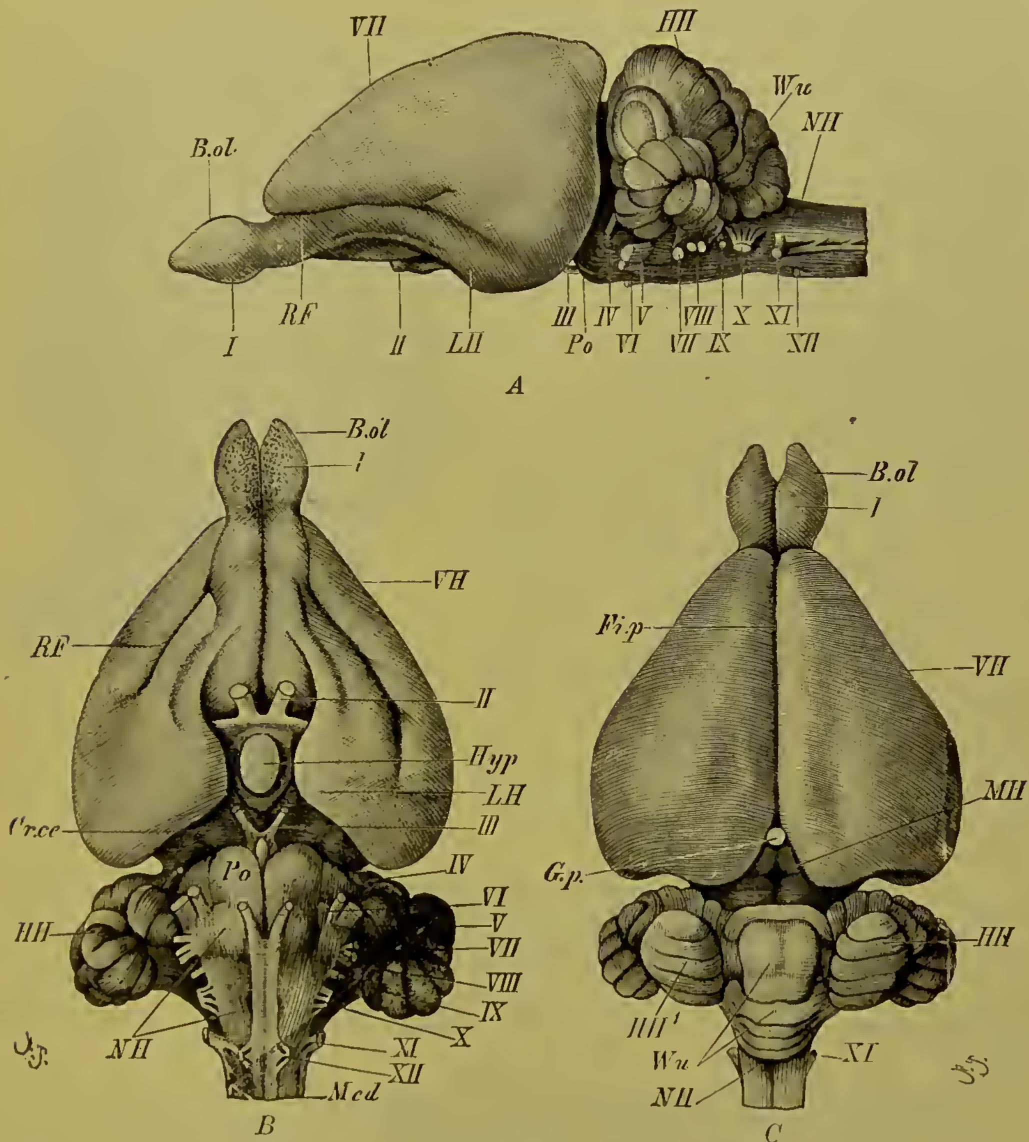


Fig. 281.
Gehirn des Kaninchens, zur Demonstration der Oberfläche der Hemisphären. Ansicht von links, von unten, von oben.

2. *Experimentellen Untersuchungsergebnissen,* betreffend die Erregbarkeit der Gehirnrinde im Gebiete der Centralwindungen.

Meine ersten hierbezüglichen Befunde rühren noch aus der ersten Hälfte der achtziger Jahre her. Die ersten im Verein mit Dr. Rosenbach am Hunde gewonnenen Resultate gelangten schon 1883 zur Mitteilung.[1] Eine eingehendere Behandlung meiner Befunde über die Erregbarkeit der Gehirnoberfläche bei verschiedenen Tierarten lieferte ich sodann drei Jahrer später.[2] Endlich gelangten die Ergebnisse meiner Untersuchungen über die Rindenerregbarkeit der Affen teilweise im Jahre 1898 zur Veröffentlichung.[3]

Die Methode, welche bei diesen Untersuchungen benutzt wurde, bestand in der Reizung der Gehirnrinde mittels schwacher faradischer Ströme. Diese haben im vorliegenden Fall einen unbestreitbaren Vorzug vor dem galvanischen Strom, sowohl im Sinne einer genaueren Lokalisation des Reizes, als auch im Hinblick auf das Fehlen einer katalytischen Wirkung auf die Gehirnoberfläche, welche dem konstanten Strome zukommt.

Zu meinen hierbezüglichen Untersuchungen dienten sehr verschiedene Säugetierformen, von den niedersten (Kaninchen, Fig. 281) bis hinauf zu den Primaten. Es sollte dargestellt werden, in welcher Weise die Ausbildung der motorischen Centra sich in der aufsteigenden Tierreihe vollzieht. Ich ging dabei von der Voraussetzung aus, daß diese vergleichend-physiologische Untersuchungsmethode im allgemeinen große Vorteile darbiete und daß sie insbesondere für die Erkenntnis der motorischen Centra der Gehirnrinde von großer Bedeutung sein müßte.

1. Bei den Kaninchen nun gelingt es im vorderen Teil der Hemisphäre innerhalb der auf nebenstehender Figur mit Buchstaben bezeichneten Rindengegend nur eine recht geringe Zahl erregbarer Punkte ausfindig zu machen, deren Reizung zudem weitaus nicht streng differenzierte Bewegungen liefert. Von diesem Punkte ergibt (Fig. 282):

a: Zusammenziehung d. Schnauze, Adduktion des kontralateralen Ohres, Drehung des Kopfes und Rumpfes nach der entgegengesetzten Seite;

b: Bewegungen der Schnauze, Abziehung der kontralateralen Wange;

c: Kaubewegungen;

d: Adduktion und Erheben der kontralateralen vorderen Extremität;

e: Erhebungen der Schulter und Abduktion der kontralateralen vorderen Extremität;

f: Bewegungen beider hinteren Extremitäten.



Fig. 282.
Die motorischen Rindencentra des Kaninchenhirns.
Erklärung nebenstehend im Text.

2. Bei dem Meerschweinchen lassen sich im vorderen Teil der Gehirnhemisphäre 4—5 erregbare Punkte auffinden, welche einer neben

[1]) P. J. Rosenbach, Inaug.-Dissert. St. Petersburg 1883.
[2]) W. Bechterew, Archiv psihiatr. 1886—1887. Vgl. auch: Physiologie der motorischen Zone der Gehirnrinde. Sonderausgabe. Charkow 1887.
[3]) Verhandl. der wissenschaftl. Versamml. der Psychiatr. und Nervenklinik zu St. Petersburg 1898. — Über die Lage der motorischen Centra der Gehirnrinde beim Menschen. Obosrên. psihiatr. 1898, S. 733.

dem anderen gelegen sind. Wie bei dem Kaninchen bewirkt die Reizung zweier von diesen Punkten Kontraktionen der Gesichtsmuskeln, Kaubewegungen und Drehbewegungen des Kopfes und Rumpfes nach der entgegengesetzten Seite. Die Reizung der beiden anderen Punkte bewirkt Bewegungen der kontralateralen vorderen Extremität und beider Hinterbeine.

Zu bemerken ist dabei, daß beim Kaninchen, Eichhörnchen und Meerschweinchen hinter der soeben bezeichneten Rindenregion noch mindestens zwei weitere erregbare Punkte vorhanden sind. Die Reizung des einen von ihnen ergibt Kontraktionen der kontralateralen Gesichtshälfte, die Reizung der anderen Aufrichtung und Vorwärtswendung des kontralateralen Ohres. Doch bedarf es, um von diesen Punkten aus Bewegungen zu erzielen, der Applikation etwas stärkerer Ströme.

3. Untersucht man die Erregbarkeit der Gehirnoberfläche des Hundes im Bereiche des Gyrus sigmoideus und der angrenzenden Rindenpartien, dann stößt man bereits auf eine erheblich größere Zahl differenzierter Centra und auf eine viel größere Menge erregbarer Stellen (Fig. 283). Es ergibt nämlich:



Fig. 283.
Die motorischen Rindencentra des Hundegehirns.
Erklärung nebenstehend im Text.

Feld *a*: Anziehen des kontralateralen Ohres an den Kopf;
„ *b*: Bewegungen beider Augäpfel nach der entgegengesetzten Seite;
„ *c*: Kontraktionen der kontralateralen Gesichtshälfte bestehend in Muskelkontraktionen der kontralateralen Wange und Erhebungen der Oberlippe;
„ *d*: Drehung des Kopfes um die Längsachse des Körpers nach der entgegengesetzten Seite;
„ *e*: Abduktion der Zunge und geringe Ablenkung derselben nach der entgegengesetzten Seite, Kaubewegungen der Kiefer;

Feld *f*: Öffnungs- und Schließungsbewegungen der Kiefer;
„ *g*: Kontraktionen des M. orbicularis oculi und des M. corrugator supercilii auf der entgegengesetzten und z. T. auf der gleichen Seite;
„ *h*: Abduktion und Streckung der kontralateralen vorderen Extremität;
„ *i*: Flexion der Finger der kontralateralen vorderen Extremität;
„ *k*: Adduktion der kontralateralen vorderen Extremität;
„ *l*: Erhebung der kontralateralen Schulter;
„ *m*: Flexion des Vorderarmes und Kontraktionen der Muskeln der vorderen Extremität, welche dabei erhoben wird;

Feld *n*: Flexion des Rumpfes mit nach der entsprechenden Seite gerichteter Konvexität, sowie Spannung der Halsmuskeln auf beiden Seiten;
„ *o*: Adduktion und Beugung der kontralateralen vorderen Extremität;
„ *p*: Streckung der kontralateralen vorderen Extremität;
„ *q*: Erhebungen des Schwanzes mit Ablenkung desselben nach der entgegengesetzten Seite, manchmal Bewegungen des Schwanzes.

4. Die Reizung der Gehirnoberfläche der Katze an den entsprechenden Partien der Rinde (Fig. 284) ergibt analoge Bewegungen, wie beim Hunde von den Punkten *a*, *b*, *c*, *g*, *h*, *i*, *l*, *n*, *o*, *p*, *q*, *r*, *s*, *t*. Außerdem bewirkt bei der Katze die Irritation des Punktes *q* Kontraktionen der Dammmuskeln und Bewegungen der Schwanzspitze.



Fig. 284.
Die motorischen Rindencentra des Katzengehirns.
Erklärung nebenstehend im Text.

Im ganzen lassen sich bei der Katze an der Oberfläche der vorderen Hirnregion nicht weniger als elf Stellen nachweisen, deren Reizung mit isolierten Bewegungen beantwortet wird. Alle diese Punkte finden sich hier wie beim Hunde vorzugsweise im Bereiche des Gyrus sigmoideus, mit Ausnahme der Kontraktionspunkte für den M. orbicularis oculi und für den M. corrugator superciliorum, welche in der zweiten Primärwindung in der Nachbarschaft des Gyrus sigmoideus zu suchen sind.

b) Topographische Anordnung der kortikalen Bewegungscentra der niederen Affen.

In gewisser Beziehung am lehrreichsten und praktisch recht wertvoll erscheinen ohne Frage jene Befunde, welche man über die topographischen Verhältnisse der Rindencentra bei den Affen erhält. Denn die Struktur des Gehirns dieser Tiere steht dem Gehirnaufbaue des Menschen bekanntlich ganz besonders nahe.

1. *Literarische Übersicht.* — Ferrier hat, wie erwähnt, zuerst an der Affenrinde experimentiert. Er bestimmte auch als erster die Lagerung der Hautbewegungscentra in der Gehirnrinde der Affen. In der Folgezeit haben sich unter anderen besonders Horsley und Beevor um diesen Gegenstand angenommen. Ihre Untersuchungsergebnisse stimmen im Ganzen mit denen Ferrier's gut überein; abweichende Befunde beziehen sich nur auf gewisse Einzelheiten.

Im wesentlichen laufen die Untersuchungsergebnisse von Horsley und Beevor auf folgendes hinaus:

Zunächst findet Ferrier's Angabe Bestätigung, daß die Region des Lobus praefrontalis, vor einer Linie belegen, welche man senkrecht zum vorderen Ende des Sulcus praecentralis sich hindurchgelegt denkt, gar

keine motorischen Wirkungen ergibt. Horsley und Beevor studierten dann eingehend das Rindengebiet zwischen dem Lobus praefrontalis und der vorderen Centralfurche. Die Reizung dieses Gebietes liefert nach den Angaben Ferrier's Lidöffnung, Pupillenerweiterung und Bewegungen der Augen und des Kopfes nach der entgegengesetzten Seite. Horsley und Beevor zergliederten diese Region an der Hand minimaler Reizungen noch in drei weitere Einzelcentra, von denen das obere, der medianen Hirnspalte zunächst gelegene Kopfbewegungen nach der entgegengesetzten Seite, das mittlere Kopf- und Augenbewegungen nach der entgegengesetzten Seite und endlich das untere nur Augendeviationen nach der entgegengesetzten Seite bewirkt. Wie man an dem der Arbeit beigefügten Schema ersieht, nehmen diese Centra in ihrer Gesamtheit eine größere Fläche ein, als das unzergliederte Ferrier'sche Centrum.

Im Gebiete des oberen Endes der vorderen Centralwindungen, wo Ferrier das Centrum für die Bewegungen der hinteren Extremität verlegt, haben Horsley's und Beevor's Untersuchungen ebenfalls zu einer weiteren Zergliederung dieses Areals geführt. Nach ihren Untersuchungen ergibt die elektrische Reizung am oberen Ende beider Centralwindungen, z. T. schon des an der Innenfläche der Hemisphären den Centralwindungen entsprechenden Gebietes (Lobulus paracentralis) Muskelkontraktionen der unteren oder hinteren Extremität; die Reizung hinter der Rolando'schen oder Centralfurche liefert ausschließlich Bewegungen des Fußes und der Zehen, die Reizung vor der Rolando-schen Furche ebensolche Bewegungen verbunden mit Kontraktionen der Oberschenkel- und Schenkelmuskulatur; die Reizung der Region am oberen Ende des Sulcus centralis ergibt nur Kontraktionen der großen Zehe.

Unterhalb dieses Centrums der unteren Extremitäten, im mittleren Drittel der Centralwindungen lokalisiert Ferrier das Centrum für die obere Extremität. Nach den Befunden von Horsley und Beevor hat dieses Centrum eine größere Ausdehnung, da es insgesamt ungefähr die beiden mittleren Viertel der Centralwindungen okkupiert.

Diese mittlere Centralwindungsregion zergliedern Horsley und Beevor wiederum in eingehenderer Weise, als dies durch Ferrier geschah. Nach der Darstellung von Horsley und Beevor ergibt die Reizung der verschiedenen Abschnitte dieses Gebietes folgende Bewegungen: Kontraktionen der Muskeln des Oberarmes, Streckung der vorderen Extremität, als wenn das Tier nach etwas greifen wollte, Rückwärtsbewegung und Adduktion der oberen Extremitäten, Kontraktionen der Muskeln des Vorderarmes, Bewegungen der Hand, der Finger und des Daumens. Die Felder, von denen aus Kontraktionen der Muskeln oberhalb des Ellenbogengelenkes auftreten, liegen im oberen Abschnitt des Centrums; die Felder für die Finger- und Daumenbewegungen in den alleruntersten Teilen des Centrums für die obere Extremität; die übrigen Centra finden sich zwischen ihnen und den anderen. Schwache Reizung der hinteren Centralwindungen am unteren Ende des Sulcus intraparietalis bewirkt nur Kontraktionen der Daumenmuskeln.

Abwärts von dem Gebiete für die obere Extremität findet sich im unteren Abschnitt der Centralwindungen das Gebiet für die Muskeln des Gesichts, der Zunge und des Mundes. In den mehr nach oben

gelegenen Abschnitten, also unmittelbar über den Centren für die obere Extremität vor dem Sulcus Rolando liegt das Centrum für den oberen Teil des Gesichts (Muskeln der Stirn und des oberen Augenlides; hinter dem Sulcus Rolando das Centrum für das Platysma, dessen Centren den Mundwinkel seitwärts bewegen. Die Reizung des darunter gelegenen Rindenfeldes bewirkt Mundbewegungen (Erhebung des Mundwinkels, Abziehen des Mundwinkels, Öffnung des Mundes) und Bewegungen der Zunge, und zwar führt die Reizung des vorderen Teiles dieses Feldes zum Herausstrecken der Zunge, die Reizung seines hinteren Teiles zum Zurückziehen der Zunge.

Unmittelbar hinter dem unteren Ende des Sulcus praecentralis befindet sich nach den Untersuchungen von Lehmann und Horsley das Centrum für den Schluß der Rima glottidis. Dieses Stimmcentrum war schon früher durch Ferrier entdeckt worden, da er durch Reizung des genannten Rindenfeldes beim Hunde Bellen, bei der Katze Miauen hervorrief. Nächstdem ist dieses Centrum von Krause und später von Horsley beim Hunde untersucht worden.[1])

Fügt man noch hinzu, daß unmittelbar hinter dem Stimmcentrum sich die Schluck- und Kaucentra vorfinden, so haben wir mit dem Vorhergehenden im allgemeinen ein volles Bild von der Lagerung der motorischen Centra bei den Affen nach den Ermittelungen von Horsley und Beevor.

Sodann hat schon Ferrier darauf hingewiesen, daß das Gebiet der motorischen Centra sich auch auf die mediale Fläche bezw. den Innenrand der Hemisphären erstreckt, wo der sogenannte Lobulus paracentralis seine Lage hat. Horsley und Schäfer untersuchten eingehend das Verbreitungsgebiet der motorischen Centra auf der medialen Hemisphärenfläche bezw. im Bereiche des Gyrus marginalis. Nach ihren Befunden ergibt die faradische Reizung dieser Region in der Richtung von vorn nach hinten auf der Strecke vom Lobus praefrontalis bis zum hinteren Ende des Sulcus calloso-marginalis vor allem Bewegungen des Kopfes und der Augen nach der entgegengesetzten Seite, sodann Bewegungen des Oberarmes und der Hand der entgegengesetzten Seite. Ferner finden sich hier die Centra für die Dreh- und Seitwärtsbewegungen der Wirbelsäule nach der entgegengesetzten Seite (Rumpfcentrum), für die Bewegungen des Schwanzes und des Beckens, sowie für die Streckbewegungen des Unterschenkels (es handelt sich hier eigentlich um das Centrum für die Gesäßmuskeln und für die Streckmuskeln des Unterschenkels, während die Reizung des Unterschenkelcentrums an der konvexen Hemisphärenoberfläche Bewegung dieses Teiles ergibt): die Reizung am oberen Ende der vorderen Centralwindung bewirkt Flexion des Kniegelenkes, z. T. verbunden mit Kontraktionen der Wadenmuskeln und Auswärtswendung des Fußes; endlich ergibt die Reizung am oberen Ende der hinteren Centralwindung Dorsalflexion des Fußes, verbunden mit Streckung der Zehen.

Demnach wurde nach diesen Versuchen die Lagerung der motorischen Gebiete an der inneren Fläche der Hemisphären (Gyrus marginalis) im allgemeinen der Lagerung der motorischen Centra an der

---

[1]) Horsley, Vortrag auf dem X. Internat. Medizin. Kongreß zu Berlin. — Horsley and Schäfer, Philosophic Transact. of the Royal Society 1888.

konvexen Hemisphärenoberfläche entsprechen, mit Ausnahme der Rumpfcentra, welche im HORSLEY-BEEVOR'schen Schema auf der konvexen Hemisphärenoberfläche nicht vorkommen. In Beziehung auf diese Centra ist zu bemerken, daß die sie betreffenden Befunde von HORSLEY und BEEVOR nicht mit den Angaben von MUNK übereinstimmen. MUNK verlegt nämlich die Rumpfcentra des Hundes und der Affen in die Regio praefrontalis. Diese Angabe MUNK's, die schon mit FERRIER's Ermittelungen nicht stimmt, ist, wie erwähnt, durch spätere Nachweise nicht als zutreffend bestätigt worden. Auch in meinen hierbezüglichen Untersuchungen ergab die Reizung der Regio praefrontalis keinerlei Kontraktionen im Gebiete des Rumpfes.

Das Schema einer noch weitergehenden Differenzierung des frontalen Centrums für die Drehbewegungen der Augen und des Kopfes wird von MOTT in Vorschlag gebracht.[1]) Er fand bei den Affen im Bereiche des Centrums für die Drehbewegungen des Kopfes und der Augen Centra für folgende Bewegungen: 1. Drehung der Augen in horizontaler Richtung, 2. Drehung der Augen nach der entgegengesetzten Seite und nach unten. Das zuletztgenannte Centrum liegt weiter oben als alle anderen, dicht unter ihm hat das Centrum für die unter 1. bezeichnete Bewegung seine Lage, am weitesten nach unten findet sich das Centrum für die unter 2. bezeichneten Bewegungen. In ganz analoger Weise ist auch das Centrum für die Drehbewegungen des Kopfes nach diesen Untersuchungsbefunden zu gliedern.

c) Topographische Anordnung der kortikalen Bewegungscentra der Anthropomorphen.

Von hervorragender Bedeutung für das Studium der Topographie der motorischen Rindencentra erscheinen die bei den anthropoiden Affen bestehenden Verhältnisse. Denn bei diesen Tieren ist eine annähernd analoge Topographie der kortikalen Bewegungscentra anzunehmen, wie bei den Menschen.

Ich werde hier daher das Ergebnis der hierbezüglichen Untersuchungen von BEEVOR und HORSLEY an einem $2^1/_2$ jährigen Orang-Utang kurz wiedergeben.

In diesen Versuchen bedurfte es der Anwendung etwas stärkerer (auf der Zunge unangenehm bezw. fast schmerzhaft empfundener) Ströme als bei Macacus. Es wurde dabei noch klarer, als bei Macacus, daß eine motorische Erregbarkeit nur in der Rinde der Windungen und am auffallendsten in den Windungsgipfeln vorhanden ist; die Furchen dagegen sind gänzlich unerregbar durch den Strom, ein Verhalten, welches auch durch Erfahrungen am Menschen bestätigt wird.

Die großen motorischen Centra des Orang liegen, wie BEEVOR und HORSLEY feststellen, nicht in einer ununterbrochenen Reihenfolge eines hinter dem anderen, sondern sind durch unerregbare Gebiete von einander geschieden, welche selbst bei der Anwendung starker Ströme keine entsprechende Wirkung ergeben. Diese unerregbaren Teile der Gehirnoberfläche trennen jedoch nur die großen motorischen Gebiete voneinander, nicht aber deren einzelne Abschnitte. Die Stirnlappen erscheinen un-

---

[1]) MOTT, Brain 1890.

erregbar, mit Ausnahme des Centrums für die Augenbewegungen nach der entgegengesetzten Seite, welches dicht vor dem Sulcus praecentralis seine Lage hat. Ebenso erweist sich die hintere Centralwindung des Orang weniger erregbar, als bei Macacus; ihr oberes Drittel fand man sogar total unerregbar. Zu bemerken ist, daß bei Reizung der motorischen Zone des Orang gewöhnlich streng lokalisierte Wirkungen auftreten.

Das Ergebnis der Reizung des Oranggehirns bestand kurz in folgendem:

1. Bewegungen der Augäpfel und der Augenlider.
 a) Vor dem Sulcus praecentralis findet sich das Centrum für die Bewegungen beider Augen nach der entgegengesetzten Seite;
 b) Im mittleren Drittel des Gyrus centralis anterior liegt das Centrum für die assoziierten Bewegungen der Augenlider, welche bei der Reizung dieser Stellung stark auseinanderweichen, wobei die Augäpfel und der Kopf sich in horizontaler Richtung nach der entgegengesetzten Seite abwenden;
 c) Unterhalb des vorigen Centrums liegt im Gebiete der vorderen Centralwindungen das Centrum des bilateralen Lidschlusses, wobei jedoch die Augenlidspalte der kontralateralen Seite sich stärker schließt;
2. Bewegungen des Gesichts.
 a) Das Centrum der Erhebung der kontralateralen Oberlippe liegt in Gestalt des schmalen Streifens im Gebiete der hinteren Centralwindungen dicht hinter dem Sulcus Rolandicus;
 b) Das Centrum für die horizontale Obduktion des kontralateralen Mundwinkels findet sich in der vorderen Centralwindung, es nimmt nahezu das ganze mittlere Drittel dieser Windung ein, gerechnet von der Fissura Sylvii bis zum winkeligen Knie des Sulcus Rolando;
 c) Ein wenig oberhalb des Centrums b findet man das Centrum für die Auswärtsbewegungen der Oberlippe der entgegengesetzten Seite;
 d) Das Centrum für die Schließung des Mundes gehört dem Bereiche der hinteren Centralwindungen hinter dem Centrum des Lidschlusses an;
 e) Das Centrum für die Öffnung des Mundes liegt in der Nähe von d um das hintere Ende des Sulcus centralis.
3. Bewegungen der Zunge.

Das Centrum für die Zungenbewegungen findet man im alleruntersten Teil der vorderen Centralwindungen. Durch die Reizung dieses Feldes lassen sich mannigfaltige Bewegungen der Gliedmaßen erzielen, welche allmählich ineinander übergehen. Von oben nach unten gerechnet erhalten wir von diesem Gebiete aus folgende Bewegungen:

 a) Herausstrecken der Zunge nach vorne mit Abflachung des hinteren Zungenabschnittes und mit Ablenkung der Zungenspitze nach der entgegengesetzten Seite;
 b) Vorwärtsstreckung der Zunge mit Verdickung derselben auf der entsprechenden Seite und Deviation ihrer Spitze nach der entgegengesetzten Seite;

c) Drehung der Zunge nach der entgegengesetzten Seite, so daß der Zungenrücken nach der kontralateralen Wange sich richtet;
d) Rückwärtsziehen der Zunge, Verdickung des Zungengrundes und Drehung nach der kontralateralen Wange;
e) Entfernung der Zungenspitze von den Zähnen, wobei die Zunge flach in der Mundhöhle liegt und ihre Spitze sich nach der entgegengesetzten Seite abwendet.

4. Bewegungen der Extremitäten.

Das Gebiet für die Bewegungen der oberen Extremitäten liegt im mittleren Teil der vorderen Centralwindungen zwischen oberem bezw. innerem Hemisphärenrande und der Fissura Sylvii, aber etwas weiter nach oben. Seine untere Grenze wird von dem Genu sulci centralis gebildet.

Die Differenzierung der einzelnen Centren für die verschiedenen Bewegungen der oberen Extremitäten ist beim Orang-Utang eine sehr ausgeprägte. Wir haben hier

a) Centra für die Bewegungen des Daumens. Sein Streckcentrum findet sich am meisten vorn im Gebiete der vorderen Centralwindungen, sein Flexionscentrum ein wenig mehr nach hinten und unten, sein Abduktions-Flexionscentrum weiter nach hinten im Bereiche der hinteren Centralwindungen;
b) Centra für die Streckbewegungen des Zeigefingers in der hinteren Centralwindung über dem Daumengebiet;
c) Centra für die Streckbewegungen der einzelnen Finger (vom fünften bis zum zweiten) in der vorderen Centralwindung oberhalb und hinter dem Daumencentrum;

Etwas weiter aufwärts findet man in der vorderen Centralwindung des Orang:

d) ein Centrum für die Bewegungen der Hand, welche mit Fingerextension, Pronation und ulnarer Abduktion assoziiert sind;
e) ein Centrum für die Bewegungen des Oberarms (Abduktion stets für sich bestehend), im Bereiche der vorderen Centralwindung um und über dem hinteren Ende der oberen Stirnwindung.

Was die Centra für die

5. Bewegungen der unteren Extremitäten

betrifft, so bestehen in dieser Beziehung vor allem sehr unwesentliche topographische Differenzen zwischen Orang und Macacus. Während beim Macacus das Rindengebiet für die unteren Extremitäten sich über den hinteren Abschnitt der ersten oder oberen Stirnwindung, den Lobulus paracentralis und die oberen Abschnitte beider Centralwindungen erstreckt, lassen sich bei dem Orang-Utang vom oberen Drittel der hinteren Centralwindungen aus keinerlei Bewegungen erzielen und erst ganz starke Ströme bewirken Streck- und Beugebewegungen des Daumens.

Man findet beim Orang folgende Rindencentra der unteren Extremitäten:

a) Ein Centrum für den Daumen, zu alleroberst in nächster Nähe der Mittellinie. Von hier aus erzielt man sowohl Streckung, als auch Beugung. Das Flexionscentrum findet sich aber ein wenig mehr nach vorn vor dem Extensionscentrum des Daumens;

In absteigender Richtung schließen sich dann vor dem Sulcus Rolandicus an:

b) Ein Centrum für die Bewegungen des kleinen Fingers, welches eine gleichzeitige assoziierte Streckbewegung unter Spreizung der Finger bewirkt und unmittelbar über dem vorigen Centrum seine Lage hat;

c) Ein Centrum für die Fußbewegungen (Außenrotation, Dorsalflexion, Innenrotation);

d) ein Centrum für die Bewegungen des Unterschenkels, hauptsächlich für die Extension desselben;

e) ein sehr ausgedehntes Centrum für die Bewegungen des Oberschenkels, bestehend in Extension, dann Adduktion, Rotation und Flexion des Oberschenkels.

Man beobachtet beim Orang im Falle der Reizung der verschiedenen Felder des motorischen Rindengebietes stets nur primäre Bewegungen und nur ausnahmsweise vollzieht sich eine konsekutive Reihe von Spasmen, welche von einer Muskelgruppe auf die andere übergreifen. Im Gegensatze dazu erzielt man bei den niederen Affen Einzelbewegungen im allgemeinen selten und nur im Falle der „Momentreizung". Im Hinblick auf die für den Hund und den Menschen feststehende Tatsache, daß die Reihenfolge der Spasmen der vorhandenen Körperteile der Aufeinanderfolge der motorischen Rindencentra entspricht, weisen Beevor und Horsley darauf hin, daß die Bewegungen bei der Ausbreitung der Krämpfe ihrem Charakter nach die primären Bewegungen des ersten von der Reizung betroffenen Segmentes wiederholen, also entweder in Streckung oder in Beugung bestehen.

Volle Beachtung verdienen hier ferner die Untersuchungen von Grünbaum und Sherrington am Orang, Gorilla und Chimpanze.[1]) Sie bedienten sich zur Reizung der Gehirnrinde dieser Anthropomorphen der unipolaren Faradisation nach einer früher schon von Sherrington zur Untersuchung der kortikalen Augencentra benutzten Methode. Nach den Befunden von Grünbaum und Sherrington folgt nun die sogenannte motorische Zone im Bereiche der Centralwindungen ausschließlich dem Längsverlauf des Gyrus centralis anterior und der Tiefe des Sulcus Rolandicus, jedoch, wie bei allen Tieren, nach Ausschluß des äußersten obersten und des alleruntersten Segmentes dieser Windung. Eine Ausdehnung der motorischen Zone nach hinten vom Sulcus centralis ist nach den Angaben von Grünbaum und Sherrington bei den genannten Anthropoiden nachweisbar nicht vorhanden.

Eine schwache Reaktion konnte nach manchen Umständen durch stärkere Faradisation auch von der Gegend hinter der Centralfurche hervorgerufen werden, aber immer unter Umständen, welche die Möglichkeit einer Auffassung dieser Reaktion als Aequivalent einer Reaktion seitens der motorischen Zone ausschlossen. — An der medialen Hemisphärenfläche geht die motorische Zone nicht über die Grenze des Sulcus calloso-marginalis hinaus. Einige an diese Furche angrenzende Felder bewirken Bewegungen des Oberarmes, andere des Rumpfes, noch

---

[1]) A. S. F. Grünbaum and C. S. Sherrington, Observations on the physiology of the cerebral cortex of same of the higher apes. Proc. of the Royal society. Vol. 69.

andere Bewegungen der Hand und der Finger; allein es scheint nicht, daß sie zu der eigentlichen motorischen Zone gehören. In einzelnen Fällen fanden Grünbaum und Sherrington, daß auch der hintere Rand der Centralfurche in die motorische Zone einbezogen war.

Was die Bewegungen betrifft, welche in der motorischen Zone lokalisiert sind, so rechnen Grünbaum und Sherrington u. a. hierher: Bewegungen des Ohres, der Nasenflügel, des weichen Gaumens, Saugbewegungen, Kaubewegungen, Bau der Stimmbänder, des Brustkorbes, der Bauchwände, des unteren Beckens, der Analöffnung, der Vagina. Die Verteilung der vorhandenen Muskelgebiete entspricht in erstaunlicher Weise der segmentalen Aufeinanderfolge der Centra der cerebrospinalen Nervenachse.

Auch besteht bei den anthropoiden Affen, zufolge den Angaben von Grünbaum und Sherrington, eine hochgradige Erregbarkeit der motorischen Zone der Gehirnrinde. Es kommt bei ihnen daher während der Reizung ungemein leicht zur Ausbildung epileptischer Anfälle.

Im Falle der Abtragung der Rinde der vorderen Centralwindung beobachteten Grünbaum und Sherrington an ihren Versuchsaffen Pareseerscheinungen, während die Exstirpation selbst ausgedehnter Rindenflächen der Centralwindung keine solche Parese nach sich zog.

Nach den Beobachtungen dieser Autoren weist die frontale Region, welche assoziierte Augenbewegungen bewirkt, bezüglich der Reaktionsweise merkliche Unterschiede gegenüber der motorischen Zone der Centralwindungen auf. Sie meinen daher, daß beide Gebiete in physiologischer Beziehung von einander zu trennen sind. Sie sind auch topographisch durch einen unerregbaren Rindenstreifen gegen einander abgegrenzt.

Sodann konstatieren Grünbaum und Sherrington, daß die Reizung der Centralwindungen der anthropomorphen Affen die Anwendung starker Ströme nicht erfordert.

Im übrigen ist die individuelle Variabilität der Furchen und Windungen des Gehirns dieser Tiere groß.

In einer anderen Mitteilung bemerken Grünbaum und Sherrington, daß die Centralwindung der anthropoiden Affen im Falle der Reizung oder Zerstörung keine motorischen Erscheinungen liefert. Dagegen sind im Bereiche der vorderen Centralwindung streng differenzierte Centra darstellbar.[1])

Bei ihren Untersuchungen am Gehirn der anthropoiden Affen achteten Grünbaum und Sherrington auch auf die Insel. Aber selbst mit starken Strömen erhielten sie keinerlei Effekt von hier aus. Die Reizung der unteren Stirnwindung wurde nicht von Phonation begleitet und ergab nur inkonstante, von der Atmung unabhängige Kehlkopfbewegungen.[2])

Beevor und Horsley machen darauf aufmerksam, daß bei der Reizung der motorischen Zone die Gehirnrinde, wie auch bei der Irritation der Capsula interna stets koordinierte Bewegungen (Lideröff-

---

[1]) Sherrington, A., Discussion the motor cortex as exemplified in the anthrop. apes. The Brit. Med. Journ. II. 1902, S. 784.

[2]) A. S. F. Grünbaum and C. S. Sherrington, Observations on the cerebral cortex of the anthropoid apes. Proc. of the royal society. Vol. LXXII, Nr. 499. 1903, S. 125.

nung, Kopf- und Augendeviationen usw.) auftreten. Da man analoge koordinierte Bewegungen auch im Wege des Reflexes von den hinteren Rückenmarkswurzeln aus erzielen kann (Page, May und Sherrington), so meint Beevor, daß der centrale Koordinationsmechanismus im Rückenmark bezw. in den Ganglienzellen des Hinterhorns lokalisiert sein muß. Zu diesen Zellen sollen auch die Impulse gelangen, welche die Bahn der Pyramidenstränge einschlagen.

Diesem Satz wird man aber schwerlich zustimmen können. Denn er steht in totalem Widerspruch mit den vorhandenen anatomischen Erkenntnissen.

2. *Experimentelle Untersuchungsergebnisse.* — Meine Untersuchungen über die Lokalisationsverhältnisse der einzelnen Rindencentra bei den Affen haben zu folgenden Aufstellungen geführt:

Im oberen Abschnitt beider Centralwindungen verbreiten sich die Centra für die Bewegungen des Schwanzes und für die Kontraktionen der Muskeln der großen und der kleinen Zehen der hinteren Extremität, sowie für die Muskeln des Unterschenkels bezw. für die Bewegungen im Talocruralgelenk.

Etwas weiter unten haben wir in der vorderen Centralwindung Centra für die Muskeln der Oberarmregion und in dem entsprechenden Abschnitt der hinteren Centralwindung Centra für die Bewegungen des Vorderarmes.

Noch weiter nach unten finden sich im Bereiche beider Centralwindungen Centra für die Bewegungen der Hand und der Finger.

Unterhalb dieser Centra haben wir, ebenfalls in beiden Centralwindungen, ein Centrum für die Muskeln, welche vom unteren Facialis innerviert werden.

Unter diesem Centrum, also bereits am Lateralende der Centralfurche findet sich das Centrum für die Bewegungen der Kiefer und der Zungenmuskeln, und noch weiter lateralwärts folgen die Centra für das Kauen, Schlucken und für den Stimmapparat.

Im einzelnen erhielt ich von den verschiedenen Punkten der Centralwindungen (Fig. 285), von oben nach unten gerechnet, folgende Bewegungen:

1. Mund- und Rachengebiet.

48 Schlucken;
5 Kaubewegungen und reichliche Speichelsekretion;
42 Kau- und Zungenbewegungen;
4 Schließen des Mundes, Kopftremor.

2. Gesichtsgebiet.

6 Zusammenziehen der Augenbrauen, Verschluß der kontralateralen Lidspalte, Kontraktionen des M. epicranius;
7 Kontraktionen der Muskeln der rechten Wange unter Abduktion des Mundwinkels;
2 Kontraktionen der Muskeln der rechten Wange mit Schluß der rechten Augenlidspalte;
8 Schluß der kontralateralen und z. T. auch der homolateralen Augenlidspalte;

7 Zusammenziehen der Brauen, geringe Abduktion des Mundwinkels, Kontraktionen des M. epicranius, tremorartige Kopfbewegungen;

11 und 12 klonische Kontraktion des M. frontalis auf der entgegengesetzten Seite, Bewegungen des oberen Lides unter Verdeckung des Auges, geringes Zucken der Oberlippe;

37 Zusammenziehen der Brauen mit kontralateralem Lidschluß, Ballen der rechten Hand zur Faust und schwache Supination des Vorderarmes.



Fig. 285.
Schematische Darstellung der Anordnung der motorischen Rindencentra im Bereiche beider Centralwindungen und des hinteren Abschnittes der Stirnwindungen am Gehirn von Macacus.
Erklärung der Ziffernbezeichnungen im Texte.

3. Handgebiet.

6 Kontraktionen der kontralateralen Hand, Flexion der Finger, Extension des Handgelenkes, Tremor des Kopfes;

10 Adduktion der kontralateralen Hand, Ballen der Finger zur Faust, Dorsalflexion der Hand;

46 Flexion der Finger und der Hand der kontralateralen vorderen Extremität;

14 Pronation der kontralateralen vorderen Extremität;

13 Adduktion der kontralateralen vorderen Extremität;

15 Adduktion der kontralateralen vorderen Extremität und Flexion des Vorderarmes;

16 Faustballen und Adduktion der Hand;

17 Flexion der Finger und Dorsalflexion der Hand;

36 Flexion der Finger und Adduktion der Hand, Zitternde Bewegungen der Faust;
19 Abduktion der Hand;
20 Abduktion des Daumens;
26 Spreizung der Finger;
25 Spreizung der Finger und Abduktion des Daumens der rechten vorderen Extremität;
18 Spreizung der Finger unter teilweiser Flexion derselben;
34 Flexion der Finger der kontralateralen Hand;
35 Dasselbe und allgemeine Zuckungen der Rumpfmuskulatur;
28 Zusammenziehen der Finger und Bewegung derselben zur Faust;
70 Abduktion des Daumens der kontralateralen Hand;
27 Abduktion der kontralateralen vorderen Extremität;
39 Adduktion der kontralateralen vorderen Extremität.

4. Bein- und Schwanzgebiet.

54 Wendung des kontralateralen Unterschenkels und Fußes nach außen und Bewegungen des Schwanzes nach der entgegengesetzten Seite;
33 Streckung und Abduktion der kontralateralen vorderen Extremität und Bewegungen der hinteren Extremität;
21 Abduktion des kontralateralen Hallux;
22 Beugung der kontralateralen Zehen und Kontraktionen der Muskulatur der ganzen hinteren Extremität der entgegengesetzten Seite;
29 Dorsalflexion des kontralateralen Fußes, Flexion seiner Zehen und Kontraktionen der Unterschenkelmuskeln;
30 Dorsalflexion des kontralateralen Fußes, Flexion seiner Zehen und z. T. Kontraktionen der ganzen unteren Extremität;
53 Starke Flexion der kontralateralen unteren Extremität;
23 und 24 Kontraktionen und Flexion der kontralateralen unteren Extremität;
31 und 32 Dasselbe und Adduktion der kontralateralen unteren Extremität;
65 Extension der kontralateralen unteren Extremität;
67 Flexion der kontralateralen Zehen, Dorsalflexion des Fußes und Streckung des Unterschenkels;
52 Extension der kontralateralen unteren Extremität mit Dorsalflexion des Fußes, Bewegungen des Schwanzes nach der entgegengesetzten Seite und Anziehen derselben.

5. Rumpfgebiet.

68 Kontraktionen der Rückenmuskeln auf der entgegengesetzten Seite;
80 Rumpfbewegungen mit der Konkavität nach der entgegengesetzten Seite und z. T. nach unten.

6. Kopfgebiet.

42 Rotation des Kopfes nach der entgegengesetzten Seite unter Beteiligung der Stirnmuskeln;
44 Drehung des Kopfes um die Achse nach der entgegengesetzten Seite ohne Augenbewegungen.

7. Augengebiet.

40 Bewegungen der Augen und des Kopfes nach der entgegengesetzten Seite und Lidschluß;
43 Bewegungen der Augen nach der entgegengesetzten Seite;
38 Bewegungen der Augen nach oben und rechts mit Lidspaltenöffnung;
41 Bewegungen beider Augen nach der entgegengesetzten Seite und nach unten;
45 Bewegungen der Augen nach oben und außen;
66 Erweiterung der Lidspalte, Pupillenerweiterung und Deviation beider Augen nach der entgegengesetzten Seite;
72 Deviation beider Augäpfel nach der entgegengesetzten Seite;
78 Lidspaltenschluß mit Deviation der Bulbi nach der entgegengesetzten Seite;
51 Pupillenerweiterung, vorwiegend des kontralateralen Auges, und Lidspaltenöffnung bei geringem Exophthalmus.

Die Reizung der Innenfläche der Hemisphäre vis-à-vis den Centralwindungen und dem hinteren Abschnitt der ersten Stirnwindung ergab in der Richtung von hinten nach vorne Bewegungen des Schwanzes nach der entgegengesetzten Seite, Dorsalflexion des Fußes und Rumpfbewegungen.

Demnach erstreckt sich der erregbare Teil der Gehirnrinde bei den Affen weit nach vorn über die vordere Centralfurche hinaus. Zieht man eine Linie von der Schläfenlappenspitze nach einer annähernd zu der Mitte des Abstandes zwischen dem Vorderende des Stirnlappens und der bis zum Innenrande der Hemisphäre fortgesetzt gedachten Präcentralfurche, so grenzt diese Linie nach vorn hin die vollständig stromunerregbare Regio praefrontalis ab, nach hinten hin die Regio postfrontalis, welche ebenso erregbar erscheint, wie die beiden Centralwindungen. Nach hinten grenzt der erregbare Teil der Gehirnrinde an die hintere Centralwindung.

Die mehr ins Einzelne gehende Untersuchung des hinteren Stirnlappengebietes der linken Hemisphäre ergab, von den früher erwähnten Rumpfcentren abgesehen, folgendes (Fig. 286):

2 Erweiterung der Pupillen, Lidspalteröffnung und Deviation der Augen nach rechts, Ablenkung des Kopfes nach rechts;
3 Öffnen der Augen, Pupillenerweiterung und hochgradige Deviation der Augäpfel nach rechts;
5 u. 6 Öffnen der Augen, Pupillenerweiterung, Hin- und Herschwanken des rechten Ohres, Deviation der Augen nach rechts; Drehung des Kopfes nach rechts;
7 Vibrierende Bewegungen der Ohrmuscheln mit Aufrichtung derselben; im übrigen die gleichen Erscheinungen wie bei Punkt 5 und 6;
13 Bewegungen des Kopfes nach rechts mit Deviation des Auges nach derselben Seite, Pupillenerweiterung, Erheben der Augenbrauen und des oberen Augenlides, Bewegung der Ohrmuscheln nach vorne;
14 Wendung des Kopfes und der Augen nach der entgegengesetzten Seite mit Öffnung der Augen, bei weiterer Reizung schwingende Bewegungen des kontralateralen Ohres;

55 Erheben der Lider, Öffnen der Augen, Pupillenerweiterung, die Augen sind geradeaus gerichtet, wie beim Sehen in die Ferne (Divergenz);
56 Deviation der Augäpfel nach der entgegengesetzten Richtung, Deviation des Kopfes nach der entgegengesetzten Richtung, vibrierende Bewegungen des kontralateralen Ohres;
57 Exophthalmus, Öffnen der Lidspalte, Pupillenerweiterung, bei weiterer Reizung Deviation der Augäpfel und des Kopfes nach der entgegengesetzten Seite;
58 Deviation der Augäpfel nach der entgegengesetzten Seite, Tremor der kontralateralen Ohrmuschel, Ablenknng des Kopfes nach der entgegengesetzten Seite;
76 starkes Lidzwinkern, klonische Bewegungen der Augenbrauen, bei weiterer Reizung Bewegungen der rechten Wange und der Kiefer;
77 Deviation der Augen nach rechts, starkes Zusammenkneifen der Augen;
78 Ablenkung des Kopfes nach der entgegengesetzten Seite ohne Bewegung der Augäpfel;
89 Die gleichen Bewegungen;
94 Centren des kontralateralen Platysma, Abziehen des Mundwinkels nach rechts, stoßförmige Bewegungen der Kiefer;

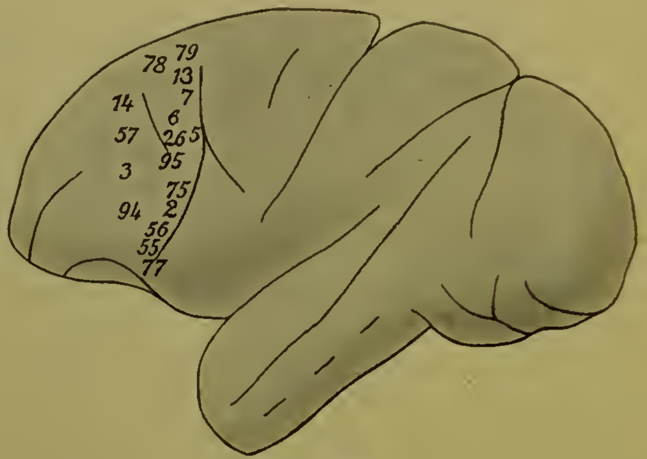


Fig. 286.
Gehirn von Macacus.
Die Reizpunkte an der Gehirnoberfläche sind mit Ziffern bezeichnet, deren Bedeutung im Texte erläutert wird.

95 Abweichung des kontralateralen Ohres nach oben und hinten, Centren der Muskeln der kontralateralen Wange, Ablenkung der Augen nach oben;
96 Runzeln der Stirn, Zusammenziehung des Pericranium, tremorartige Bewegungen der kontralateralen Ohrmuschel, Erheben der Brauen und des oberen Augenlides, dann Deviation der Augen nach der entgegengesetzten Seite und nach oben mit Ablenkung des Kopfes nach der entgegengesetzten Seite.

Außerdem konnten in einzelnen Fällen, wenn auch nicht konstant, vom mittleren Teil der Regio postfrontalis Einwärtsbewegungen der Augen erzielt werden.

Demnach enthält das ganze Rindengebiet vor dem Sulcus praecentralis und ihrer gedachten Verlängerung zur Längsspalte des Gehirns bis zur Vordergrenze des erregbaren Teiles der Hemisphäre eine Reihe von Centren, welche für die seitlichen Bewegungen des Kopfes und der Augäpfel bestimmt sind. (Diese Centra nehmen das angegebene Gebiet fast ganz für sich in Anspruch), ferner Centra für die Diver-

genz- und Konvergenzbewegungen der Augen, Centra für die Bewegungen der Ohrmuschel, für das Erheben der Augenbrauen und des oberen Augenlides (oberer Facialis), sowie ein Centrum für das Platysma myoides. — Außerdem haben hier, wie wir sehen werden, noch Centra für die Pupillen und für die Akkommodation ihre Lage.

Man muß jedoch bemerken, daß eine strenge Differenzierung dieser Centra nicht immer und überall leicht durchführbar erscheint. Denn neben einer Bewegung erhält man bei der Reizung nicht selten noch eine andere.

Was die Bewegungen der Augen und des Kopfes nach der entgegengesetzten Seite betrifft, so treten diese beiden Bewegungen für gewöhnlich zusammen auf. Doch erhält man von einigen Stellen aus die eine, von anderen die andere Bewegung.

So ergeben die alleroberstenoder medialen Abschnitte des in Rede stehenden Gebietes in der Regel die Bewegung der Kopfwendung nach der entgegengesetzten Seite, während die Reizung der unteren oder äußeren Teile dieses Gebietes in meinen Versuchen manchmal isolierte Bewegungen der Augen zur Folge hatte.

Indessen treten solche isolierte Bewegungen keineswegs konstant auf und schon eine ganz minimale Stromverstärkung löst beide koordinierte Bewegungen — Deviation der Augen und des Kopfes — von derselben Stelle aus, die vorher nur Augenbewegungen oder nur Kopfbewegungen ergab.

In einzelnen Fällen erhielt ich vom Augengebiet aus Deviationen der Augen nicht direkt nach außen, sondern nach außen und oben bezw. nach außen-unten, doch zeichneten sich auch diese Wirkungen nicht durch große Konstanz aus.

Sogleich unter diesem Gebiet, also lateralwärts davon, findet man ein Centrum, welches auf die Respiration Einfluß übt. Hier macht die Reizung eines etwas niedriger gelegenen Punktes die Atmung oberflächlich und beschleunigt sie, während die Reizung einer etwas höher gelegenen anderen Stelle zu einer Hemmung der Atmung führt.

Endlich haben wir unmittelbar nach hinten von diesem Centrum, aber auch noch vor dem oberen Ende des Sulcus praecentralis, ein Centrum, welches Augenöffnen und Pupillenerweiterung bedingt.

Demnach findet man den hinteren Teil des Stirnlappens von sehr zahlreichen und mannigfaltigen Centren okkupiert, von denen die Centren der Augenbewegungen, welche am meisten nach vorne gelegen sind, den größten Flächenraum einnehmen.

Sodann verbreiten sich im hinteren Abschnitt der ersten Stirnwindung die Centra für die Kopfbewegungen. Weiter nach hinten folgt das Rumpfcentrum und in dessen Nachbarschaft, aber bereits im oberen Gebiete der vorderen Centralwindung, liegt das Centrum für die Schwanzbewegungen.

Vergleicht man nun meine Untersuchungsbefunde über die Erregbarkeit beider Centralwindungen und des angrenzenden Teiles der Stirnwindungen bei den Affen mit den Angaben, welche Beevor und Horsley darüber machen, so ergibt sich vor allem, daß ich im hinteren Abschnitt der ersten Stirnwindung — außer dem Kopfcentrum noch das Rumpfcentrum, und dahinter in der vorderen Centralwindung das Schwanzcentrum, welches hier von Beevor und Horsley nicht ange-

nommen wird, lokalisiere. Nach der Meinung von Beevor und Horsley findet sich das Rumpfcentrum an der medialen Oberfläche der Hemisphäre. Auch ich erzielte von diesen Stellen aus Kontraktionen der Rumpfmuskeln, sowie Schwanzbewegungen. Es ist jedoch sehr wahrscheinlich, daß es sich hier um eine Reizübertragung auf angrenzende Rindencentra oder Leitungen handeln möchte.

Horsley und Schäfer bemühen sich um den Nachweis der Lokalisation des Rumpfcentrums an der medialen Hemisphärenoberfläche durch Versuche mit bilateraler Zerstörung des Gyrus calloso-marginalis. Bei der totalen zweiseitigen Abtragung des erregbaren Teiles des Gyrus calloso-marginalis vom vorderen Ende des Balkens bis zum hinteren Ende der genannten Windung kam es bei dem Versuchstier zu totaler Paralyse der Rumpfmuskulatur; der Affe konnte nicht aufrecht sitzen und lag nach vorne übergebeugt da; dann fand man bei dem Tier eine leichte Parese der Oberarmbewegungen, eine kaum merkliche Parese der Finger, eine sehr ausgebreitete Parese der Beinmuskeln mit Ausnahme des Ileopsoas und des Tensor fasciae latae. Diese Paralyse blieb stationär. Die einseitige Zerstörung des Gyrus calloso-marginalis hatte nicht so hochgradige Erscheinungen zufolge; der Affe nahm eine normale Haltung ein, doch waren die Drehbewegungen nach der entgegengesetzten Seite gestört und es bestand eine deutliche Paralyse des kontralateralen Beines.

Aus dem Angeführten wird jedoch ersichtlich, daß in diesen Versuchen, wenigstens bei zweiseitigem Eingriff, nicht nur eine Paralyse des Rumpfes, sondern auch der vorderen und zum Teil auch der hinteren Extremitäten bestand, ein Umstand, der gewiß darauf hinweist, daß es bei der Operation zu einer tiefgehenden Zerstörung der subkortikalen motorischen Leitungsbahnen, die von der äußeren Oberfläche der Hemisphären-Rinde verlaufen, gekommen war. In diesem Sinne können die in Rede stehenden Versuche nicht als beweiskräftig angesehen werden.

Außerdem erhielten Beevor und Horsley eine Reihe von Beinbewegungen schon bei der Reizung des angrenzenden Teiles der Regio postero-frontalis unmittelbar über dem Rumpfcentrum.

In Beziehung auf die allgemeine Anordnung der motorischen Centra ergibt sich eine recht nahe Übereinstimmung zwischen meinen Befunden und den Ergebnissen anderer Forscher; einige vorhandene Differenzen betreffen Einzelheiten.

So z. B. liegen die Centra des Oberarmes, des Vorderarmes und der Finger nach meinen Versuchen durchaus nicht in so regelmäßiger Aufeinanderfolge von oben nach unten, wie dies Beevor und Horsley angeben. Im Gegenteil, aus meinen Versuchen geht hervor, daß die Centra für die Schultermuskeln vorzugsweise der vorderen Centralwindung angehören, während die Centra zu den Bewegungen des Vorderarmes hauptsächlich in der hinteren Centralwindung lokalisiert sind. Ebenso weisen die Centra der Hand- und Fingerbewegungen weitaus nicht die von Beevor und Horsley angenommene regelmäßige Verteilung auf, sondern sie liegen unter den vorigen Centren im Bereiche beider Centralwindungen. Unterhalb der Centra für die Hand und die Finger breitet sich ebenfalls in beiden Centralwindungen das Centrum für die vom unteren Facialis innervierten Muskeln aus. Dieser Befund erscheint insofern sehr beachtenswert, als das Centrum für den oberen Facialis, wie wir gesehen haben, für sich vor dem Sulcus praecentralis liegt und im Gegensatze zu dem unteren Facialis eine zweiseitige Innervation aufweist. — Unter dem Facialiscentrum haben wir das Centrum für die Zunge; noch weiter abwärts folgen Centra für Kauen und Mundöffnen; endlich findet sich hier das Schluckcentrum und in seiner Nachbarschaft das Kehlkopfcentrum.

Somit weisen die motorischen Centra im Gebiete der Centralwindungen und des hinteren Abschnittes der ersten Stirnwindung in der Richtung von oben nach unten folgende Reihenfolge auf:

1. Rumpf und Schwanz;
2. Fuß und Oberschenkel;
3. Oberarm, Vorderarm, Hand;
4. Gesicht;
5. Mund, Kauen, Schlucken.

Dann finden sich, gewissermaßen als Ergänzung des Gesichtscentrums im hinteren Abschnitte der zweiten Stirnwindung die Centra der

6. Augenbewegungen

und als eine Art Ergänzung des Rumpfcentrums im hinteren Abschnitt der ersten Stirnwindung das Centrum für den

7. Kopf.

Das beim Menschen vorhandene motorische Sprachcentrum im hinteren Abschnitte der dritten linken Stirnwindung (Broca) bildet sich augenscheinlich ebenfalls als eine Art Ergänzung zu den Centren der Phonation (s. unten) und der Gesichtsmuskeln aus.

Wir haben es in der Rinde des Großhirns augenscheinlich mit einer segmentären Anordnung der Bewegungscentra zu tun. Jedes Centrum gliedert sich dabei in einzelne Untercentra von geringer Größe, die bei ihrer Reizung bestimmte Bewegungen der betreffenden Glieder, die zu der Funktion derselben als Bewegungsorgan gehören, hervorrufen.

d) Allgemeine Ableitungen.

Welches ist nun das Gesamtergebnis der im Vorstehenden verfolgten Experimente über Reizung der Gehirnoberfläche?

Wir finden zunächst, daß die faradische Untersuchung der Region des Gyrus sigmoideus bezw. der Centralwindungen sowie der angrenzenden Teile des Stirnlappens bei sämtlichen Säugetieren der Gegenwart eine Reihe von Punkten aufdeckt, deren Reizung bestimmte Gliedmaßenbewegungen vorwiegend der kontralateralen Körperhälfte hervorruft. Bei den höchsten Säugetierformen, also bei den Affen, sowie bei dem Menschen, erzielt man durch die Reizung der bezeichneten Regionen der Gehirnrinde nicht nur die allerverschiedensten Gliedmaßenbewegungen, sondern auch isolierte Bewegungen der Finger und Zehen von bestimmten Punkten der Rinde aus. Wenn man mit dem Reizungsapparat auf der Gehirnoberfläche von Punkt zu Punkt im Bereiche der angegebenen Region übergeht, so erhält man den Eindruck, als wenn hier die Gliedmaßenbewegungen wie von den Tasten eines Klaviers aus angeregt würden.

Wir haben vorhin gesehen, daß die Teile der Rinde, durch deren Reizung Gliederbewegungen ausgelöst werden, in Wirklichkeit nicht punktförmig sind, sondern als kleine Flächen sich darstellen, welche meist, wenn auch nicht immer, sich miteinander unmittelbar berühren, zum Teil auch einander überlagern.

Jedes einzelne Gebiet der Gehirnoberfläche, deren Reizung die eine oder andere Bewegung einer Gliedmaße ergibt, bildet das Centrum für die betreffenden Bewegungen der Gliedmaße. Solcher Centra finden wir an der Oberfläche des vorderen Abschnittes der Hirnrinde eine

um so größere Zahl, einem je höheren Typus das untersuchte Tier angehört. Die größte Anzahl erregbarer Rindenpunkte finden wir unter den Tieren, welche in dieser Beziehung untersucht sind, an der Gehirnoberfläche der Affen; geringer ist die Zahl der erregbaren Rindenpunkte beim Hunde und bei der Katze, noch geringer beim Kaninchen, bei der Ratte, beim Meerschweinchen.

Es bestehen jedoch, wie in bemerkenswerter Weise aus den vorhin dargelegten experimentellen Befunden sich ergibt, bei den verschiedenen Tierformen nicht nur Unterschiede bezügl. der Zahl der erregbaren Punkte der Hirnrinde, sondern auch in Beziehung auf die Differenzierung der Centra selbst. In niederen Tierkreisen sind die Rindencentra noch wenig ausdifferenziert; je höher der Typus des Tieres, einen um so höheren Grad von Differenzierung weisen im allgemeinen ihre Rindencentra auf. Wir sahen schon vorhin, daß bei den Affen und beim Menschen die Differenzierung der Rindencentra für die Hand einen so hohen Grad erreicht, daß man durch Reizung fast jeden einzelnen Finger für sich in Bewegung versetzen kann. Dagegen bei den niederen Tierformen kommt eine derartig ins einzelne gehende Zergliederung der Rindencentra für die Fingerbewegungen nicht zur Beobachtung.

In vollster Übereinstimmung damit stehen auch die neueren von Mills gewonnenen Befunde[1]), aus denen im Hinblick auf Reizungs- und Zerstörungsversuche an der Rinde verschiedener Tiere der Satz abgeleitet wurde: einem je niedrigeren Typus ein Tier angehört, um so weniger ausgeprägt erscheint die Lokalisation der Rindencentra. Während Hund und Katze eine wohl ausgesprochene Differenzierung der Rindencentra aufweisen, konnte man bei den Nagetieren, z. B. beim Kaninchen, nur mit Mühe ein bestimmtes Centrum für die hintere Extremität finden; bei den Vögeln lassen sich durch Reizung keine Kopf-, Rumpf- und Extremitätenbewegungen erzielen. Nur Bewegungen der Pupille und der Nickhaut konnten hervorgerufen werden, falls man die Rinde mit stärkeren Strömen reizte. Das Experiment bezeugt übrigens, daß man bei den Vögeln an der Oberfläche der mittleren Hirnregion ein Centrum für die Rotationsbewegungen des Kopfes darstellen kann.

Als bemerkenswerte Besonderheit ist zu betonen, daß bei allen Säugetieren gerade die Centra der vorderen Extremitäten den höchsten Grad der Ausdifferenzierung erkennen lassen; weniger ausgesprochen ist die Ausbildung der Centra für die hinteren Extremitäten, noch weniger für das Gesicht und die übrigen Körperteile.

Übrigens entsprechen die individuellen Besonderheiten der Bewegungssphäre eines Tieres überall dem Grade der Ausbildung seiner Rindencentra. Wir können daher bei einem Tiere gut ausgebildete Centra für alle jene Körperteile voraussetzen, in welchen bei dem betreffenden Tier die isolierten oder Zweckbewegungen gut entwickelt sind. Bei dem Lamm z. B. finden wir, wie aus Untersuchungen unseres Laboratoriums (Dr. Nikitin) hervorgeht, wohl entwickelte Centra für

[1]) W. Mills, Cortical cerebral localisation etc. The british med. Journ. 1897, 20. Nov.

die Gesichtsmuskeln, aber wenig differenzierte Centra für die Extremitäten.[1])

Bei den Affen hinwiederum, wo die Zweckbewegungen auch im Bereiche der hinteren Extremitäten eine hohe Entfaltung aufweisen, stößt man dementsprechend in der Hirnrinde auf eine bessere Differenzierung der Centra für diese Extremitäten, als sie bei allen übrigen Tieren angetroffen werden kann.

Man kann im allgemeinen sagen, daß die Differenzierung der Centra für ein bestimmtes Glied um so vollkommener ist, je mehr das betreffende Glied zur Ausführung von Zweckbewegungen angepaßt ist. Da die vordere Extremität bei allen Tierklassen im allgemeinen am besten zur Ausführung isolierter Bewegungen angepaßt erscheint, erweisen sich auch die Centra für die vordere Extremität bei sämtlichen Tieren als in der Ausbildung am meisten vorgeschritten.

Den höchsten Grad der Vollkommenheit erreichen die isolierten oder Werkzeugbewegungen in der Hand des Menschen. Hier ist es im Zusammenhange mit einer hervorragenden Differenzierung des Muskelsystemes zur Entfaltung einer erstaunlichen Feinheit der Bewegungen gekommen. In dieser Beziehung erscheint die menschliche Hand als das vollendetste Werkzeug der Natur, nächst der Sprache die mächtigste Waffe des Menschen, welcher Industrie, Kunst und Wissenschaft des kultivierten Menschen einen großen Teil ihrer Fortschritte verdanken.

Sämtliche ferneren Einzelbewegungen vollziehen sich, gleichgültig ob willkürlich oder unwillkürlich, unter Betätigung besonderer Centra der motorischen Zone der Gehirnrinde.

Wir finden daher entsprechend den verschiedenen Bewegungen im Gebiete des oberen Facialis in der Rinde der motorischen Zone mehrere Centra für diesen Teil des Antlitzes, nämlich: ein Ohrcentrum für die Bewegungen der Ohrmuschel, ein Stirncentrum für die Bewegungen der Stirnmuskeln, ein Augen- oder Orbiculariscentrum für das Schließen der Augen. Diese Centra sind schon beim Hunde gut ausgebildet, wie dies Untersuchungsbefunde meines Laberatoriums bezeugen; aber in einem noch höheren Maße treten sie bei den Affen hervor.

Eckhard untersuchte beim Hunde speziell das Orbiculariscentrum, dessen Reizung isolierte Kontraktionen des M. orbicularis oculi nach sich zieht. Die Abtragung dieses Centrums bewirkte in Eckhard's Versuchen keinerlei Veränderungen des reflektorischen Lidschlusses; ob aber nach diesem Eingriff willkürlicher Lidschluß zu Stande kommt, ist bei den Tieren recht schwer zu ermitteln.[2])

Die klinische Erfahrung dagegen spricht für die Möglichkeit einer isolierten Affektion der willkürlichen Lidbewegungen bei Erhaltung der Reflexbewegungen.

In dieser Beziehung beobachtete ich schon vor vielen Jahren einen Fall, wo es sich um beständigen Krampf der Kaumuskeln und Paralyse

---

[1]) Nikitin, Verhdl. der Wissensch. Versamml. der Psychiatr. u. Nervenklinik zu St. Petersburg, Januar 1906.

[2]) C. Eckhard, Über das sog. Rindenfeld des Facialis. Centralbl. f. Physiol. 1908, Bd. 12.

im Gebiete des oberen Facialis handelte. Die willkürlichen Zwinkerbewegungen waren dabei total aufgehoben, während das reflektorische Zwinkern noch vollkommen regelrecht vor sich ging. Einen anderen Fall von kortikaler Affektion mit Paralyse der willkürlichen Lidbewegungen und Erhaltung des reflektorischen Zwinkerns habe ich noch ganz unlängst verfolgt.

Diese Fälle sind offenbar nicht anders zu erklären, als durch eine Affektion für den M. orbicularis. Schon von vielen Seiten ist die bemerkenswerte Tatsache hervorgehoben worden, daß die Rindencentra von einander zwar abgegrenzt erscheinen, daß aber häufig ein ganz allmählicher und unmerklicher Übergang eines Centrums in ein anderes benachbartes Centrum stattfindet.

Die dichtgedrängte Lagerung der motorischen Centra verursacht es u. a., daß bei stärkerer Reizung mit dem elektrischen Strom die Erregung des gereizten Centrums, indem sie anhaltend wird, sich konsekutiv über benachbarte Centra ausbreitet und zunächst einen lokalen klonischen Krampf hervorruft, welcher später sich verallgemeinert bezw. auf benachbarte Gliedmaßen und selbst auf eine ganze Körperhälfte sich verbreitet; in manchen Fällen kommt es dabei sogar zu allgemeinen Krämpfen im Bilde eines epileptischen Anfalles.

Nach der Ansicht von Ferrier sind die Gebiete der Rindencentra ebensogut von einander abgegrenzt, wie die einzelnen Gliedmaßen des Körpers. Obwohl man isolierte Bewegungen mittels minimaler Reizung eines bestimmten Punktes eines Gesamtcentrums erhalten kann, ist die gleiche Bewegung auch in Kombination mit anderen Bewegungen bei stärkerer Reizung dieses oder anderer Punkte des Gesamtcentrums erzielbar.

Dieses Verhalten wäre nach der Auffassung Exner's so zu verstehen, daß die Einzelbewegung überall im Gesamtcentrum dargestellt ist, es sei denn, daß es sich in diesem Fall um Stromdiffusion handelt.

Nach meiner Ansicht haben wir uns diese Verhältnisse in dem Sinne vorzustellen, daß jedes Centrum, welches wir mittels minimaler Stromstärken bestimmen, ringsherum von einer weniger erregbaren Zone umgeben ist, welche zum Teil sogar kontinuierlich in ein benachbartes Centrum übergehen kann.

Infolgedessen erzeugen wir mittels schwacher Stromreizung isolierte Gliedmaßenbewegungen von bestimmten Punkten des betreffenden Feldes aus. Verstärken wir den Strom ein wenig, dann erkennt man, daß die betreffende Bewegung nicht nur von einem Punkte aus hervortritt, sondern von einer kleineren Fläche und dabei in Verbindung mit anderen Bewegungen.

Die Richtigkeit des Gesagten ergibt sich auch aus meinen Versuchen über die Erregbarkeitsverhältnisse der Gehirnrinde nach Zerstörung der Rindencentra.[1]) In diesen Fällen von gesteigerter Erregbarkeit fand man auch die Zwischenzonen der Centra erregbar, welche unter normalen Verhältnissen bei mäßiger Rindenreizung vollkommen unerregbar waren. Ich konnte auch experimentell feststellen, daß bei erhöhter Erregbarkeit der Gehirnrinde die erregbaren Rindengebiete

---

[1]) W. Bechterew, Über den Einfluß der traumatischen Entzündung auf die Erregbarkeit der Rindencentra. Nevrolog. vêstn. 1894.

sich stets mehr oder weniger verbreiterten, während die Zwischenräume zwischen denselben sich verschmälerten. Diese Verhältnisse sind dann in meinem Laboratorium noch in eingehenderer Weise verfolgt worden.[1])

Wir haben uns also in der Rinde an Ort und Stelle der punktförmigen Bewegungscentra mehr oder weniger ausgedehnte motorische Flächen vorzustellen, in welchen die von uns als Einzelcentra betrachteten Stellen nur die Bedeutung von am meisten erregbaren Punkten haben.

Was die Muskelreaktion selbst anlangt, welche man bei der Reizung der Gehirnrinde erhält, so handelt es sich hier fast in allen Fällen nicht um einzelne Muskelkontraktionen, sondern um isolierte Bewegungen, welche sich vermöge der Kontraktion einer bestimmten Muskelgruppe vollziehen. Einzelne Muskelkontraktionen erzielen wir von der Gehirnrinde aus nur in dem Fall, wenn jede dieser Kontraktionen gleichzeitig den Wert der isolierten Bewegungen hat.

Somit erzeugen wir durch die Reizung der Gehirnrinde die gleichen Bewegungen der Extremitäten und des Gesichts, welche das Tier auch sonst unter entsprechenden Verhältnissen spontan ausführt, so z. B. beim Ergreifen, beim Ausstrecken einer Extremität, bei der Flexion derselben, bei der Rotation eines Gliedes um seine Achse usw. Mit anderen Worten, wir haben in der Rinde eine analoge funktionelle Gruppierung der Muskelkontraktionen, wie sie auch in den Einzelbewegungen verwirklicht ist.

Der besondere Unterschied aller dieser soeben näher charakterisierten Bewegungscentra von allen übrigen motorischen Centren besteht darin, daß ihre Zerstörung stets zu einer Paralyse der Zweckbewegungen führt, wie dies schon früher genauer dargestellt wurde. Daher finden wir im Maße der Anpassung der Körpermuskulatur eines Tieres an die Ausführung von Zweckbewegungen eine mehr oder weniger ausgesprochene Differenzierung der Rindencentra vor. Selbst die einzelnen Gliedmaßen eines Tieres sind je nach ihrer größeren oder geringeren Eignung zur Erfüllung von Einzelbewegungen mit einer entsprechend größeren oder geringeren Anzahl von kortikalen Bewegungscentren ausgestattet.

Entsprechend der wechselnden Ausbildung der Sonderbewegungen bei den verschiedenen Tierformen weisen auch die Bewegungsstörungen, welche nach Läsionen der Gehirnrinde auftreten, in der Tierreihe eine ungleiche Lebhaftigkeit auf.

Bei den Kaninchen z. B., dessen Vermögen zur Ausführung von Einzelbewegungen kein großes ist, erhält man nur eine äußerst geringfügige Beeinträchtigung der Motilität durch Beschädigungen der Rindencentra; bei Hunden und Katzen werden diese Störungen schärfer ausgeprägt; bei den Affen, deren Sonderbewegungen überaus gut entwickelt sind, treten im Anschlusse an solche Rindenläsionen hochgradige paralytische Störungen auf.

Was die lokomotorischen Funktionen betrifft, so steht, wie dies schon früher dargestellt wurde, der Grad ihres mehr oder weniger automatischen Charakters in einem umgekehrten Verhältnis zu den Zweckbewegungen. Je weniger diese Bewegungen bei einem Tier ent-

[1]) Dr. Žukov, Inaug.-Dissert. St. Petersburg 1895.

faltet sind, um so automatischer und unabhängiger von den Rindencentren erscheinen die Lokomotionen desselben, und umgekehrt, je reicher die Einzelbewegungen differenziert sind, um so weniger haftet den Lokomotionen des Tieres der Charakter des Automatischen an und um so mehr gelangen sie unter die Oberherrschaft der Rindencentra. So erklärt es sich auch, daß die lokomotorischen Bewegungen nach der Abtragung der motorischen Zone der Gehirnrinde bei den Affen in einem höheren Grade leiden, als bei Hunden und Katzen unter gleichen Verhältnissen.

In einer gewissen Abhängigkeit von diesen Bedingungen befindet sich auch die Stabilität der Bewegungsstörungen in den verschiedenen Tierkreisen.

Schon Richet hat in dieser Beziehung bemerkt, daß kortikale Paralysen, welche beim Hunde vorübergehen, bei den Affen und beim Menschen einen dauernden Bestand aufweisen.[1]) Der psychomotorische Apparat des Hundes ist unvollkommen und schlecht abgegliedert. Er ist noch in der Ausbildung begriffen, seine Entwicklung schreitet langsam fort und wird erst bei den höheren Tieren definitiv.

4. Die bilaterale Wirkung der Rindencentra.

Für die Mehrzahl der motorischen Rindencentra der Tiere, die höheren Säugetierformen nicht ausgenommen, steht es jetzt fest, daß sie in mehr oder weniger ausgesprochener Weise auf die Muskulatur beider Körperhälften Einfluß üben.

Die Tatsache der bilateralen Wirkung der kortikalen Bewegungscentren ist schon längst bekannt.

a) Literarische Übersicht.

Hitzig hat seinerzeit bereits darauf aufmerksam gemacht, daß schwache Rindenreizungen Muskelkontraktionen auf der der Reizung entgegengesetzten Seite bewirken, stärkere Reize auch solche auf der entsprechenden Seite.

Franck und Pitres haben die Rinde der anderen Hemisphäre abgetragen, sowie den Balken und eine Hälfte des Verlängerten Marks und des Rückenmarkes durchschnitten und glauben dabei eingesehen zu haben, daß die Assoziation der Impulse im Rückenmark vor sich geht.

Sie suchten sogar die Latenzzeit für die Bewegungen beider Vorderbeine bei der Reizung des entsprechenden Rindencentrums zu bestimmen. Die Latenzperiode erwies sich dabei für die entsprechende Extremität merklich länger, als für die kontralaterale Extremität.

Sodann hat Exner selbst[2]) und späterhin er in Verbindung mit Paneth[3]) gleich Franck gefunden, daß bei der Reizung der Centra einer Extremität und des Gesichts beim Kaninchen neben Kontraktionen der

---

[1]) Richet, Structure des circonvol. cérébrales. Thèse d'agrégation. 1878.
[2]) Exner, Sitzb. der math.-naturw. Classe der Wiener Acad., Jahrg. 1881, Bd. 84, H. 2.
[3]) Exner und Paneth, Pflüger's Archiv, Bd. XLI.

Muskeln der entgegengesetzten Seite auch schwächere solche Kontraktionen auf der gleichen Seite auftreten.

Conti beobachtete ferner zweiseitige Bewegungen bei der Reizung der motorischen Rindencentra verschiedener Tiere (Didelphys carnivora, Bradypus tridactylus, Kaninchen, Hund). Bei den beiden letztgenannten Tierformen findet man übrigens in einigen Fällen nur einseitige Bewegungen, in anderen Fällen zweiseitige Bewegungen.

Zu gedenken ist hier auch der Untersuchungen von Unverricht, dessen Spezialexperimente an Hunden zu dem Schlusse geführt haben, daß jede Hemisphäre des Hundegehirns Centra für die bilaterale Innervation der Zunge und des Unterkiefers führt. Unverricht benennt sogar zwei besondere Punkte an der Gehirnoberfläche, deren Reizung Kontraktionen jeder Zungenhälfte für sich bewirkte. Es stellte sich bei diesen Untersuchungen heraus, daß die Kontraktionen der Zungen- und Kiefermuskeln, welche man bei der Reizung jedes dieser Punkte erhält, nahezu mit gleicher Lebhaftigkeit auf beiden Seiten sich vollziehen. Unverricht fand ferner, daß die Muskeln für die Drehbewegungen des Halses und Rumpfes durch homonyme Centra der Gehirnrinde innerviert werden. Doch konnte er nicht zu einer abschließenden Meinung darin kommen, ob diese Muskeln ausschließlich oder nur vorwiegend durch die Hemisphäre der gleichen Seite versorgt werden. Aber das Platysma myodes des Hundes soll nach den Angaben von Unverricht nur durch die homonyme Gehirnrinde innerviert sein.

Bekannt ist ferner, daß Krause bei der Reizung der Hunderinde zweiseitigen Schluß der Stimmritze erzielte.

Diese Beobachtung wurde später durch Semon und Horsley bestätigt.[1]) Sie erhielten bei der Reizung des Affengehirns unten-innen vom Anfangsteil des Sulcus praecentralis, wie auch bei der Reizung am Knie der inneren Kapsel eine analoge Wirkung.

Zweiseitige Muskelkontraktionen findet man ferner bei dem durch die Reizung der Gehirnrinde hervorgerufenen Schluckakt, sowie in dem Fall, wenn von der Gehirnrinde aus Veränderungen des Respirationsrhythmus hervorgerufen werden.

Auch Horsley und Beevor gedenken unter anderem der bilateralen Innervation der Gehirncentra.[2]) Nach ihren Versuchsbefunden waren bilateral innerviert: das Kauen, das Schlucken (Bewegungen des weichen Gaumens), die Adduktion der Stimmbänder und das Aufblasen der Lippen. Nicht vollständig bilateral innerviert sind: das Abziehen des Mundwinkels, das Öffnen und Schließen der Lidspalte.

Bei der Reizung der motorischen Zone der Gehirnrinde der Affen beobachteten Beevor und Horsley folgendes[3]):

Die Reizung des Centrums der Handbewegungen mit bipolarer Faradisation bei einem Rollenabstande von 16 cm zwischen den Elektroden ergab Handbewegungen auf der kontralateralen Seite. Die Verminderung des Abstandes auf 6 cm bewirkte das Auftreten solcher

---

[1]) F. Semon und Horsley, Philosoph. Transact. 1890, Vol. 181.

[2]) Horsley und Beevor, Über die Erregbarkeit der inneren Kapsel.

[3]) Beevor, On muscular movements and their representation in the central nervous system. Brit. med. Journ. 1903, Nr. 2213, 2220, 2227.

Bewegungen auch auf der gleichen bezw. gereizten Seite. Dabei hatten die homolateralen Bewegungen den gleichen Charakter, wie die kontralateralen Bewegungen; aber in einem Fall war die Fingerstreckung auf der gleichen Seite von einer Adduktion des Oberarmes begleitet. Bei der Reizung des Beincentrums kontrahierten sich die Muskeln der Reizseite etwas früher, als im Falle der Reizung des Armcentrums. Epileptische Anfälle erschienen in allen Fällen zuerst am Arm der Nichtreizseite, manchmal aber spielten sich die Krämpfe nur auf dieser Seite selbst bei bedeutender Stromstärke ab, in anderen Fällen ließen sie sich bei Zunahme der Stromstärke nicht nur auf der entgegengesetzten, sondern auch auf der gleichen Seite hervorrufen.

Nach vollzogener Entrindung einer Hemisphäre bei Reizung der Rinde der anderen Hemisphäre kam es in zwei Fällen nicht zu Bewegungen auf der gleichen Seite. In einem Fall beobachtete man in tiefer Narkose bei bestehender Fingerflexion und Pronation auf der anderen Seite eine langsame Fingerflexion der gleichen Seite, während bei Halbnarkose die Bewegungen beider Seiten gleich ausfielen.

In einem anderen Fall erfolgte auf der Reizseite eine langsame Flexion des Ellenbogens bei der Reizung des Armcentrums, aber in gleicher Weise auch bei der Reizung des Beincentrums.

Ganz analoge Befunde ergab die Irritation der Region der inneren Kapsel.

Beachtung verdient auch die Beobachtung, daß epileptiforme Krämpfe nach vollzogener Abtragung der motorischen Zone der Gehirnrinde an den Extremitäten der Reizseite nicht erzielt werden konnten.

Ohne sich in abschließendem Sinn über die Art und Weise des Erregungsüberganges von der einen zur anderen Seite auszusprechen, denkt sich Beevor als Ort dieses Erregungsüberganges eher den Balken als die Commissnrenfasern entlegener Gebiete, wie z. B. des Rückenmarkes.

Hitzig nimmt in Übereinstimmung mit meinen Befunden an, daß nahezu die gesamte Körpermuskulatur, wenn auch in verschiedenem Maße, in beiden Hemisphären des Gehirns vertreten ist.[1])

Levašev gelangte unter Heidenhain's Leitung zu folgendem Befund: Reizt man das Centrum der hinteren Extremität auf der einen Seite, so stellen sich schon bei schwachem Strome in der kontralateralen hinteren Extremität koordinierte Flexions- und Extensionsbewegungen ein; bei Zunahme der Stromstärke werden diese Bewegungen allmählich lebhafter, bis tonische Flexion der Extremitäten eintritt. Gleichzeitig breitet sich die Erregung auch auf die Rumpfmuskulatur und schließlich auf die Muskeln der homolateralen hinteren Extremität aus, doch erzeugen hier die Kontraktionen nie Flexion und Extension nacheinander, sondern bewirken eine tonische Spannung der Extremitäten, welche zur Extension derselben führt.

In dieser Beziehung ist ein Versuch von Goltz beachtenswert, in welchem es sich um Abtragung einer Gehirnhemisphäre handelte.[2])

Goltz beschreibt die Erscheinungen an einem Hunde, dem die

---

[1]) Hitzig, Alte und neue Untersuchungen über das Gehirn. Arch. f. Psychiatrie Bd. 35, H. 2, S. 312.

[2]) Goltz, Pflüger's Archiv, Bd. XLII.

ganze linke Hemisphäre abgetragen worden war.[1]) Bei diesem Hunde war von der linken Hemisphäre nur ein kleiner erweichter Bezirk erhalten geblieben, welcher dem unteren Teile des Occipitallappens angehörte; vorhanden war außerdem das Ammonshorn im Zustande gelber Erweichung. Der Streifenhügel und ein Teil des Thalamus opticus waren zerstört. Die rechte Hemisphäre erwies sich als vollkommen normal. Die Enthirnung war in drei Sitzungen (Dezember, Februar, März) vollzogen worden. — Nach der letzten Operation lebte der Hund noch $1^1/_4$ Jahre. Man hatte ihm unter anderem das linke Auge enucleiert. Die an diesem Hunde beobachteten Erscheinungen, wie sie in den letzten Monaten vor dem Tode bestanden, waren folgende:

Abgesehen von einer nicht ganz genauen Fixation des rechten Auges machte der Hund einen ganz gesunden Eindruck. Er ging, lief und sprang wie ein vollkommen gesunder Hund. Er war freundlich und fraß mit gutem Appetit, bediente sich dabei auch der rechten Pfote, aber nicht so geschickt, wie der linken; beim Anfassen eines Knochens z. B. benahm sich die rechte Pfote plump. Es überwog überhaupt die Muskulatur der linken Körperhälfte unter Rotation des Rumpfes nach links, wenn auch kleine Kreise nach rechts hin beschrieben werden konnten. Da er vorher auf Pfotereichen nicht dressiert war, tat er dies auch jetzt nicht, er benutzte die rechte Pfote jedoch wie eine Hand und konnte das rechte Bein heben.

Goltz hielt es nach alledem für gewiß, daß der Hund Zweckbewegungen ausführen konnte mit den rechten Extremitäten so gut wie mit den linken, mit jenen jedoch in ungeschickter und plumper Weise. Goltz gelangt zuletzt zu dem Schluß, daß der Hund ohne linke Hemisphären willkürlich seine sämtlichen Muskeln kontrahieren kann; wenn er aber die Wahl hat, dann bevorzugt er die linke Körperhälfte, da es ihm offenbar eine große Mühe macht, sich der rechtsseitigen Gliedmaßen oder der nach rechts hin wirkenden Kopf- und Rumpfmuskeln zu bedienen.

Die Sensibilität war für Berührung, Temperatur, Druck und Schmerz abgestumpft, doch bestanden bei dem Tiere keine anhaltenden Störungen des Muskelgefühls, welche nur in der ersten Zeit nach dem Eingriffe vorhanden waren. Außerdem bemerkte man bei dem Tier Hemiamblopie mit allgemeiner Sehschwäche, Herabsetzung des Gehörs rechts und Geistesschwäche.

Da man dem Tier, wie gesagt, den Streifenhügel und einen großen Teil des Thalamus opticus exstirpiert hatte, so konnte die Wiederherstellung des Bewegungsvermögens nicht vermittelst der subkortikalen Ganglien zu Stande kommen, wie dies Luciani annimmt, um so mehr, als nach den Angaben von Goltz selbst die Durchschneidung des Hirnschenkels keine dauernden Paralysen hinterläßt.

Goltz meint durch seine Versuche nachgewiesen zu haben, daß jede Hälfte des Gehirns durch Nervenbahnen mit allen Muskeln des Körpers zusammenhängt und außerdem mit allen perzipierenden Punkten beider Hälften des Auges in Verbindung steht. Nur sind die Nervenbahnen zwischen der einen Gehirnhälfte und der gekreuzten Seite nach

---

[1]) Goltz, Vortrag auf der Versammlung der Südwestdeutschen Neurologen und Irrenärzte im Jahre 1887.

seiner Auffassung bequemer für den Gebrauch, als die Bahnen zwischen der einen Gehirnhälfte und der homolateralen Seite des Körpers, da hier größere Leitungswiderstände auftreten, als auf der anderen Seite.

Nach meiner Ansicht schließen indessen diese Untersuchungsbefunde nicht die Möglichkeit eines Einflusses subkortikaler Gehirnregionen auf die im Folgenden noch näher zu behandelnde Wiederherstellung der beschädigten Motilität aus, denn auf die Restitution der Motilität kann nicht nur das Corpus striatum (bezw. der Linsenkern, da die motorische Funktion des Corpus caudatum sehr zweifelhaft ist) und der Thalamus opticus Einfluß üben, sondern es können dafür auch noch entlegenere Hemisphärenregionen, wie z. B. die Varoli'sche Brücke mit ihren lokomotorischen Centren von Bedeutung sein. Immerhin aber deutet das Ergebnis des Goltz'schen Versuches entschieden auf eine bilaterale Innervation der Muskeln und der sensiblen Oberfläche beider Körperhälften.

b) Ergebnisse experimenteller Untersuchungen.

Die von mir nach dieser Richtung hin angestellten Untersuchungen, welche aus der Mitte der 80er Jahre herrühren[1]), deuten, wie schon früher erwähnt, gleichfalls auf eine bilaterale Wirkung der meisten Rindencentra.

Es sind in der Rinde wohl überhaupt kaum Centra vorhanden, welchen ein ausschließlich gekreuztes Verhältnis zu den Muskeln zukäme.

Man kann mindestens aber für die Mehrzahl der Rindencentra von einer vorzugsweise gekreuzten Wirkung sprechen, da sich fast immer dartun läßt, daß bei der Reizung der Rindencentra mit bestimmten Stromstärken außer Centren der kontralateralen Seite auch Muskelkontraktionen desselben Gliedes auf der gleichen Seite auftreten.

Wenn wir z. B. das Centrum der vorderen Extremitäten reizen, so erzielt man dabei außer Kontraktionen der kontralateralen vorderen Extremitäten bei einiger Stromsteigerung gewöhnlich auch schwächere Kontraktionen der Muskeln der vorderen Extremitäten der Reizseite.

Neuere Untersuchungen meines Laboratoriums (Dr. Protopopov) haben gezeigt, daß nach der Abtragung der motorischen Zone nicht nur eine erhebliche Parese der kontralateralen Extremitäten, sondern auch eine schnell vorübergehende und leichte Parese der homolateralen Extremitäten auftritt.

Noch viel lebhafter äußert sich die zweiseitige Wirkung der Rindencentra im Bereiche der Centra für die hinteren Extremitäten. Im oberen Facialisgebiet haben wir nahezu gleichstarke Centren auf beiden Seiten. Einige Rindencentra, so z. B. diejenigen für die Rückenmuskulatur, für das Platysma, für die Drehbewegungen des Kopfes, innervieren hauptsächlich die Muskeln der gleichen Seite.

Demnach kommt der Mehrzahl der Rindencentra eine gekreuzte Wirkung auf die Körpermuskulatur zu, aber bis zu einem gewissen Grade innervieren sie auch die Muskeln der gleichen Seite. Einige Centra haben eine für beide Seiten fast gleichstarke bilaterale Wirkung,

---

[1]) W. Bechterew, Physiologie der motor. Zone der Gehirnrinde. Arhiv psihiatr. 1886—1887, wo ein besonderer Abschnitt diesen Gegenstand behandelt.

andere schließlich innervieren sogar vorzugsweise Muskeln der gleichen Seite.

Unzweifelhaft finden sich also in der Rinde Centren, welche in fast gleicher Weise mit den Muskeln der beiden Seiten im Zusammenhange stehen. Einige Centra sind anscheinend vorzugsweise mit den Muskeln ihrer eigenen Seite verbunden.

Zu den Centren, welche fast in gleichem Maße mit den Muskeln beider Seiten zusammenhängen, gehören u. a. auch die Centra für die Muskeln, welche den unteren Kiefer erheben.

Wenigstens läßt sich durch Reizung einer bestimmten Rindenstelle beim Hunde und bei den Affen ein krampfhaftes Öffnen und Schließen des Mundes, verbunden mit Zähneklappern, hervorrufen. Dabei erkennt man bei näherem Zusehen leicht, daß die Bewegung des Unterkiefers in diesem Fall auf einer Kontraktion der Muskeln beider Seiten beruht und zwar selbst dann, wenn ein ganz schwacher Strom zur Reizung benutzt wurde.

Eine bilaterale Innervation nimmt Unverricht, wie wir sahen, auch für die Muskeln der Zunge an, was ich mit der Einschränkung als richtig unterschreibe, daß einige der Zungenmuskeln, wie z. B. der Genioglossus, vorzugsweise durch die kontralateralen Gehirnhemisphären innerviert werden.

Wenn man nun berücksichtigt, daß zu den bilateral tätigen Centren, wie schon früher erwähnt, die Phonations- und Schluckcentra, sowie die Centra für die Augenbrauenbewegungen gehören, so wird man mit Broadbent zu dem Schluß kommen, daß die symmetrisch tätigen Muskeln in jeder Gehirnhälfte bilateral vertreten sind; mit anderen Worten, in jeder Hemisphäre sind nahezu in gleichem Maße die Muskeln der rechten und linken Seite repräsentiert, ein Satz, welcher vollkommen mit der klinischen Erfahrung (Unbeteiligtsein des oberen Facialis, sowie der Kiefer-, Schluck- und Kehlkopfmuskeln an der Hemiparalyse) übereinstimmt.

Zu den vorwiegend die Muskeln der homogenen Seite innervierenden Centren gehört das Centrum, welches eine Krümmung des Rumpfes mit nach der entsprechenden Seite gewandter Konkavität bewirkt und sich sowohl beim Hunde, als auch bei der Katze nachweisen läßt. Eine Beteiligung von Muskeln der anderen Seite ist dabei schwer zu konstatieren, aber vollkommen auszuschließen ist sie nicht. — Bei dem Menschen sind von Muskeln, welche vorwiegend durch Rindencentra der eigenen Seite innerviert werden, der Sternocleidomastoideus und der Cucullaris zu nennen. Unverricht nimmt an, daß das Platysma myoides des Hundes ausschließlich von der entsprechenden Hemisphäre aus versorgt wird. Ich habe jedoch eingesehen, daß bei der Reizung des entsprechenden Centrums schon eine geringe Stromverstärkung hinreicht, um diesen Muskel auch auf der anderen Seite zur Kontraktion zu bringen. Also hat auch das Centrum für das Platysma nur vorwiegend, nicht aber ausschließlich Einfluß auf die gleiche Seite. Dazu muß ich noch bemerken, daß dieser Muskel in meinen Versuchen an Affen nicht nur auf der entgegengesetzten Seite kontrahierte; bei diesen Tieren kommt dem Platysmacentrum also vorzugsweise eine gekreuzte Wirkung zu, wie dies ja auch von der Mehrzahl der übrigen Muskeln gilt.

Man ersieht aus diesem Beispiel u. a., daß ein und derselbe Muskel sich bei verschiedenen Tieren in ungleicher Weise bezüglich seiner centralen Innervation verhält.

In der Tat finden wir bei den verschiedenen Tierformen eine weitaus nicht übereinstimmende Wirkungsweise der Rindeninnervation auf die Muskeln beider Körperhälften. So z. B. ist die bilaterale Innervation der Gesichtsmuskeln beim Kaninchen weitaus schärfer ausgeprägt als bei der Katze und beim Hunde. Nach meinen Beobachtungen tritt auch bezüglich der Extremitäten die bilaterale Wirkung der Gehirnrinde bei der Katze etwas schärfer hervor, als dies bei dem Hunde der Fall ist, noch besser erscheint diese bilaterale Innervation bei dem Kaninchen, Meerschweinchen und Eichhörnchen.

In der Affensippe bemerkt man eine zweiseitige Wirkung der Gehirnrinde im allgemeinen erst bei der Anwendung stärkerer Ströme. Gleiches kann ich auch von dem Menschen auf Grund meiner Untersuchungen sagen. Es folgt daraus offenbar im allgemeinen, daß die Kreuzung der Leitungsbahnen eine um so vollständigere ist, einem je höheren Typus das untersuchte Tier angehört. Doch bin ich weit davon entfernt, diesen Satz auf das ganze Tierreich ausdehnen zu wollen.

Es ist mehr als wahrscheinlich, daß der Grad der Abhängigkeit bestimmter Muskeln von den Centren beider Gehirnhemisphären in Beziehung steht zu den physiologischen Leistungen dieser Muskeln und zu der gemeinsamen Beteiligung der Muskeln beider Seiten an bestimmten Bewegungen.

So z. B. hängt die Innervation der Hinterbeine bei Tieren, welche bei ihren Lokomotionen sich häufig des Springens bedienen, nahezu in gleichem Maße von beiden Hemisphären ab. Ferner macht sich auch bezüglich der vorderen Extremitäten dieser Tiere der Einfluß der homolateralen Hemisphäre deutlicher bemerkbar, als bei anderen Tieren. Hierauf beruht wahrscheinlich auch die Tatsache, daß bei allen Tieren die Muskeln der Hinterbeine in höherem Maße als die Muskeln der Vorderbeine von der Innervation der gleichen Gehirnhemisphäre abhängen. Es kommt hier offenbar ganz darauf an, in welchem Grade die Muskeln des betreffenden Körperteiles zur Herbeiführung von Zweckbewegungen geschickt sind und inwiefern sie an den Kontraktionen der Muskeln der anderen Seite mitwirken.

In dieser Beziehung lenken auch nicht unbeträchtliche individuelle Variationen die Aufmerksamkeit auf sich. Wenigstens kann man nicht selten bemerken, daß die Muskeln der entsprechenden Seite sich bei der Reizung ihrer Centra bei verschiedenen Vertretern einer und derselben Tierart in ungleicher Weise an den Bewegungen beteiligen. Bei manchen Individuen kann diese Beteiligung der homolateralen Muskeln eine geringere, bei anderen eine sehr ausgiebige sein.

Ferner verdient die von mir beobachtete Tatsache Beachtung, daß die Centra jeder einzelnen Hemisphäre in der Mehrzahl der Fälle nicht mit identischen, sondern mit zusammenwirkenden Muskeln beider Seiten in Verbindung stehen.

Am deutlichsten tritt dies hervor bei der Reizung der Centra der vorderen Extremität, doch liefern auch die Erscheinungen bei der Reizung der Centra der hinteren Extremität ebenfalls nicht Bestätigung des obigen Satzes.

Reizt man z. B. beim Hunde die einzelnen Centra der vorderen Extremität (*h*, *i*, *k*, *l*, *m*), so erhält man auf der entsprechenden Seite für gewöhnlich Kontraktionen der Schultermuskeln, begleitet von Adduktion der Extremität an den Rumpf und Flexion derselben im Ellenbogengelenk. Erst bei stärkeren Strömen kommt es auch zu Fingerbewegungen an dieser Extremität. Ebenso erzielt man bei schwacher Reizung der Centra *o* und *p* der hinteren Extremität des Hundes auf der entsprechenden Seite vorwiegend Kontraktionen der Oberschenkelmuskeln, nicht des Unterschenkels und Fußes. — Analoge Erscheinungen sind manchmal auch bei den Affen zu bemerken.

Auf dem direkten Zusammenhang der Gehirnhemisphären mit der entsprechenden Körperhälfte beruht auch die Ausbreitung der epileptischen Krämpfe auf die gleiche Seite nach Abtragung der Centra der anderen Seite, sowie die Wiederherstellung der Motilität bei unilateralen Durchschneidungen des Rückenmarkes. -- In meinem Laboratorium wurde folgender Versuch angestellt: Nach erfolgter Abtragung der Centra der vorderen und hinteren Extremität des Hundes an einer Hemisphäre wurde, als die Motilität sich vollkommen restituiert hatte, der Vorderstrang des Halsmarkes auf der dem Gegeneingriffe entgegengesetzten Seite durchschnitten. Als die durch den Schnitt erzeugte Paralyse der beiden homolateralen Extremitäten nach etwa zwei Wochen zurückgegangen war, wurde sodann der Seitenstrang des Brustmarkes durchschnitten, um dadurch eine Unterbrechung des Monakow'schen Bündels herbeizuführen. Die daraufhin eingetretene Paralyse der hinteren Extremität ging nach einem Monat wieder zurück; Anfälle konnten von der affizierten Seite aus nunmehr nicht hervorgerufen werden. Aber auf dem Höhepunkt des Anfalles gingen die Krämpfe auch auf die andere Seite, wo die Rückenmarkstränge durchschnitten waren, hinüber.

Was den Menschen betrifft, so fehlt es auch hier nicht an Tatsachen, welche entschieden auf eine bilaterale kortikale Innervation vieler Muskelgruppen hinweisen.

In dieser Beziehung ist vor allem einer Angabe von Pitres zu gedenken, welche später von anderen Beobachtern als zutreffend erkannt wurde und dahin geht, daß an schweren Hemiplegien gewöhnlich auch das Bein der entsprechenden Seite einen gewissen Anteil nimmt. Auch ist bekannt, daß die Wiederherstellung der Motilität bei diesem Leiden gewöhnlich an der unteren Extremität schneller von statten geht, als an der oberen Extremität. Die Tatsache, daß die zweiseitige Wirkung hier am auffallendsten am Bein hervortritt und an der oberen Extremität kaum zu bemerken ist, bezeugt ohne Zweifel, daß auch bei den Menschen der Grad der bilateralen kortikalen Innervation abhängt von dem Maße des Zusammenwirkens der betreffenden Muskeln beider Körperhälften.

Naturgemäß erfordern die Lokomotionen des Körpers bis zu einem gewissen Grade eine zweiseitige Beteiligung der Beinmuskeln. Bei den Bewegungen einer Hand dagegen wirken die Muskeln der anderen Seite gar nicht oder nur sehr wenig mit.

Auf der bilateralen Wirkung der Rindencentren beruht auch die bekannte Tatsache, daß bei einseitigen Affektionen des menschlichen Gehirns die Rumpfmuskeln und auch viele von den Halsmuskeln nicht

auf lange hinaus ergriffen werden. Ferner findet bekanntlich bei solchen cerebralen Affektionen, welche zur Ausbildung von Hemiplegien führen, die Paralyse der Zunge und des Gesichts eine relativ schnelle Ausgleichung. Endlich ist zu erwähnen, daß man in der Klinik bei Rindenaffektionen fast nie eine dauernde Deviation der Augen und des Kopfes nach der gesunden Seite beobachtet. Diese Erscheinung erklärt Wernicke mit Recht durch die zweiseitige kortikale Innervation dieser assoziierten Bewegungen [1]), welchen zufolge die Zerstörung des entsprechenden Centrums der einen Hemisphäre nur einen relativ kurzdauernden Effekt hat, da das Centrum der anderen Hemisphäre schnell auf diese Bewegung Einfluß gewinnt.

In relativ geringem Grade befallen sind bei Hemiplegien ferner die Muskeln der Schulterregion. Die Wiederherstellung der Funktionen dieser Muskelgruppe vollzieht sich dabei meist sehr schnell. Auch diese Erscheinung muß wohl in der zweiseitigen Wirkung der Gehirnrinde auf die Schultermuskeln ihren Grund haben.

Kurz, aus allen vorhandenen Tatsachen geht unzweifelhaft hervor, daß bei dem Menschen in analoger Weise wie bei den Tieren die Mehrzahl der Rindencentra nur eine vorwiegend gekreuzte Wirkung entfaltet. Der Grad der homolateralen Wirkung der Rindencentra auf die Muskeln steht beim Menschen wie bei den Tieren im Zusammenhang mit der gemeinsamen Betätigung der betreffenden Muskeln der beiden Seiten. Daher erscheint die bilaterale Innervation an Muskeln, welche in der Mehrzahl der Fälle auf beiden Seiten zusammenarbeiten, wie die Augenmuskeln, die Gesichtsmuskeln, die Zungenmuskeln, die Rumpfmuskeln, z. T. auch die Muskeln der unteren Extremität, mehr oder weniger scharf ausgeprägt. An den Muskeln der unteren Extremität dagegen ist eine bilaterale Rindeninnervation am wenigsten zu bemerken und sie bezieht sich vorzugsweise auf die Muskulatur der Schulter.

c) Die Wege der Erregungsübertragung von der einen Seite auf die andere.

Wenn es sich um die Frage handelt, auf welche Weise die Erregung im Falle der Reizung der Hemisphäre zu den Muskeln der gleichen Seite gelangt, ist zunächst jeder Gedanke daran abzuweisen, daß die Kontraktionen der homolateralen Muskeln etwa von einer Stromausbreitung auf Centra der anderen Hemisphäre abhängen möchten. Wenn wir nämlich zwischen beiden Hemisphären einen schlechten Elekrizitätsleiter in Gestalt einer Glasplatte plazieren, so erhalten wir auch in diesem Falle bei der Reizung der Centra der einen Hemisphäre die gleiche Wirkung, d. h. ebenfalls zweiseitige Bewegungen. Auch wenn man vorher die eine Hemisphäre entrindet, so erzielt die Reizung der anderen eine zweiseitige Wirkung.

Offenbar kann also die Erregung nur in den subkortikalen Regionen einen Weg zur homolateralen Körperhälfte finden. Als solche Wege kommen in Frage:

---

1) C. Wernicke, Arch. f. Psychiatr., Bd. 20, S. 256.

1. Die Kommissurenfasern, welche beide Hemisphären miteinander verbinden;

2. Direkte Verbindungen der Centra jeder Gehirnhemisphäre mit der entsprechenden Hälfte des Rückenmarkes; und

3. die Verbindungen jeder Hälfte des Rückenmarkes mit den Muskeln beider Körperseiten.

Man könnte daran denken, daß die von Fr. Franck und Pitres nachgewiesene Differenz der Länge der Latenzperiode zwischen dem homolateralen und kontralateralen Reizungseffekt auf eine Erregungsübertragung durch Kommissurenfasern im Bereiche der Hemisphäre oder irgendwo weiter unten hinweist. Aber dieser Vermutung stehen mehrere Bedenken entgegen.

Wir haben bereits eingesehen, daß die Abtragung der Centra einer Hemisphäre nicht die Zweiseitigkeit der motorischen Wirkung aufhebt. Und andererseits ändert sich die Wirkung, wie die Versuche von Exner u. a. gezeigt haben, selbst in dem Falle nicht, wenn man vorher den ganzen Balken seiner Länge nach durchschneidet. Wohl aber hebt die Unterminierung des gereizten Centrums die Wirkung sowohl auf der gleichen, wie auch auf der anderen Seite auf.

Demnach hängt die bilaterale Wirkung der Reizung der motorischen Zone der Gehirnrinde nicht von einem Erregungsübergang von Hemisphäre auf Hemisphäre ab, wie man dies zunächst annehmen könnte, sondern erscheint dadurch bedingt, daß es außer gekreuzten noch direkte Leitungsbahnen gibt, welche von der Rinde zu den Centren des Rückenmarks verlaufen. Dies bestätigt auch die pathologisch-anatomische Untersuchung der sekundären Degenerationen in Fällen von Rindenaffektionen bei dem Menschen und bei den Tieren, welche Degenerationen, wie wir sahen, nicht nur die kontralaterale, sondern auch die homolaterale Hälfte des Rückenmarks betreffen.

Zu erwähnen ist hier ferner, daß man bei der Reizung der Rindencentra nicht nur Muskelkontraktionen, also eine Erregung auf der homonymen Seite erzielt, sondern daß gleichzeitig hier auch Hemmungswirkungen zu Stande kommen können. Es wurde vorhin bereits der Versuche gedacht, aus welchen hervorgeht, daß bei der Erregung des Augenbewegungscentrums nicht nur der anderseitige Rectus lateralis in Tätigkeit versetzt, sondern auch der gleichseitige Rectus lateralis in seiner Tätigkeit gehemmt wird.

Ebenso ist es bekannt, daß der Erregungszustand eines Centrums der einen Hemisphäre Hand in Hand geht mit einer Erregbarkeitsherabsetzung des entsprechenden Centrums und Erregbarkeitssteigerung seines Antagonisten in der anderen Hemisphäre.

Gleiches gilt auch für antagonistisch wirksame Centra einer und derselben Seite. Zum mindesten geht aus den Versuchen von Hering und Sherrington hervor[1]), daß es bei der Reizung der Rindencentra neben Kontraktionen der Flexoren zu einer Erschlaffung der Extensoren kommt und umgekehrt.

Beevor und Horsley reizten die Rinde der anthropoiden Affen 1 mm über dem Winkel des Sulcus praecentralis und erzielten dabei

[1]) Hering und Sherrington, Inhibition of the contraction of voluntary muscles etc. Journ. of pys. 1899. XXIII. Suppl.

Kontraktionen der Fingerbeuger, der Extensoren und Faustbildung. Nach vollzogener Durchschneidung der Extensoren der Hand erfolgte Flexion der Finger und der Hand, und nach der Durchschneidung der Sehnen der Fingerbeuger ergab die gleiche Reizung eine Extension der Hand.

Es folgt daraus, daß die Hemmungswirkungen von den gleichen Rindengebieten herrühren, denen auch die motorischen Effekte ihre Entstehung verdanken.

Analoge Befunde erzielte Hering bei der Reizung der inneren Kapsel.

Wenn man gleichzeitig zwei symmetrische Rindencentra mit starken Strömen reizt, dann erfolgen klonische Krämpfe der beiden hinzugehörigen Glieder als Folge einer successiven Hemmung und Erregung der beiden Centra.

Außerdem bleibt der jeweilige Zustand der Rindencentra selbst nicht ohne Einfluß auf den Charakter der von ihnen aus erzielbaren Reizwirkungen.

Es ist zum Beispiel erwiesen, daß in dem Falle, wenn die Extremitäten sich in einem Zustande tonischer Spannung befinden, schon eine geringfügige Reizung der Rindencentra genügt, um die Kontraktur sofort zur Erschlaffung zu bringen.

Wir haben vorhin gesehen, daß die Bewegungsstörungen, welche sich an Läsionen der motorischen Rindencentra anschließen, bei den Tieren ebensogut wie beim Menschen mit der Zeit allmählich schwächer werden und im Falle unilateraler Defekte sogar definitiv verschwinden können. Dabei finden zunächst eine Ausgleichung die lokomotorischen Störungen, später restituieren sich die isolierten Bewegungen.

Es versteht sich von selbst, daß überall da, wo die Paralyse dieser Bewegungen lebhafter ausgesprochen ist, die Wiederherstellung des Bewegungsvermögens sich langsamer vollzieht und unvollkommen bleibt. Damit hängt es zusammen, daß die Bewegungsstörungen der vorderen Extremitäten der Tiere und die motorische Paralyse der oberen Extremitäten des Menschen nach Läsionen der motorischen Zone der Gehirnrinde fast immer lebhafter und stabiler sind, als die analogen Bewegungsstörungen im Bereiche der hinteren bezw. unteren Extremitäten.

5. Die Vorbedingungen der Wiederherstellung der Motilität bei Rindenaffektionen.

Von nicht zu unterschätzender Bedeutung für die Erkenntnis der Funktionen der motorischen Rindencentra erscheint hier ferner die Frage nach den Ursachen des Verschwindens bezw. der Abnahme der Bewegungsstörungen, welche sich an Läsionen dieser Centra anschließen.

Es ist ja in vielen Beziehungen von großem Wert, festzustellen, worauf eigentlich in diesen Fällen die Wiederherstellung des Bewegungsvermögens beruhen mag. Spielen in dieser Hinsicht Nachbarcentra eine Rolle oder die Centra der anderen Seite oder erfolgt endlich die Restitution des Bewegungsvermögens auf Kosten der Tätigkeit der subkortikalen Centra?

Die Auffassungen gehen hinsichtlich dieser Fragen weit auseinander.

Manche glauben, daß die Wiederherstellung des Bewegungsvermögens, sich auf Kosten tieferer bezw. subkortikaler Centra vollziehe. Andere nehmen dafür die Rindencentra der anderen Hemisphäre in Anspruch. Noch andere denken an die Rindencentra der gleichen Hemisphäre. Einige schließlich (Bianchi) lassen dabei die Centra beider Hemisphären beteiligt sein.

Nach den Angaben von Hitzig kommt es nach der Abtragung der motorischen Zone nie zu einer vollständigen Wiederherstellung der motorischen und sensiblen Funktionen. Die Störungen der Motilität und Sensibilität sind nach ausgedehnten und besonders nach bilateralen Läsionen stets beträchtlicher, als bei unilateralen Läsionen. Daher beruht die Wiederherstellung der Motilität nach der Ansicht von Hitzig zum Teil auf einem Schwund der durch Beschädigung der Nachbarteile bedingten Symptome, zum Teil auf einer gesteigerten Betätigung der anderen Hemisphäre, zum Teil auf kompensatorischen Vorgängen im Bereiche der Leitungsbahnen und auf einer verstärkten Tätigkeit im Gebiete der Haubenbahnen.[1])

Wenn man, wie Grünbaum und Sherrington gefunden haben, bei den menschenähnlichen Affen das Centrum der Hand exstirpiert, so gleichen sich die Bewegungsstörungen im Laufe der Zeit aus, sie restituieren sich aber nicht nach erfolgter Abtragung des entsprechenden Centrums der anderen Hemisphäre und der Reste des ursprünglich lädierten Centrums. Auch die Reizung des zerstörten Gebietes ergab keine motorische Wirkung seitens der hinzugehörigen Extremitäten. Nach diesen Beobachtungen würde also der Schwerpunkt der ganzen Frage in den subkortikalen Formationen zu suchen sein.

Nichtsdestoweniger erschöpfen weder diese Beobachtungen, noch diejenigen früherer Autoren, welche sich zu der Sache in anderem Sinne geäußert haben, die Frage weitaus nicht bezüglich ihrer definitiven Lösung.

Meine eigenen Untersuchungsbefunde führen mich zu dem Schlusse, daß an der Wiederherstellung des Bewegungsvermögens der affizierten Gliedmaßen bei Rindenläsionen sehr verschiedene Umstände eine Rolle spielen. Außer allgemeinen physiologischen Bedingungen (Zurückgehen der anfänglichen Shockwirkung, Abnahme des hemmenden Einflusses des Wundtraumas und dergleichen mehr) muß man hier an einen Einfluß der subkortikalen Formationen denken.

Es unterliegt keinem Zweifel, daß nachbarliche Partien der motorischen Rindenzone auf die Wiederherstellung des Bewegungsvermögens der affizierten Gliedmaßen in jenen Fällen von Einfluß sind, wo es sich nicht um eine totale, sondern bloß um eine teilweise Abtragung der motorischen Rindencentra handelte.

Beweis dafür ist folgender Umstand. Wartet man nach vollzogener totaler Abtragung bestimmter Centra der motorischen Rindenzone ab, bis die durch den Eingriff erzeugten Bewegungsstörungen nachlassen oder ganz verschwunden sind, und exstirpiert man nun die der ur-

---

[1]) E. Hitzig, Alte und neue Untersuchungen über das Gehirn. Arch. f. Psychiatr., Bd. 35 und 36.

sprünglichen Gehirnwunde benachbarten Rindenpartien, dann stellen sich nach diesem zweiten Eingriff die früheren Bewegungsstörungen, wenn auch in geringerer Lebhaftigkeit, wieder ein. In diesen Fällen handelt es sich speziell nicht um den Eintritt bestimmter Centra für andere, sondern um eine wirkliche Regeneration eines Teiles der verloren gegangenen Centra in den angrenzenden Rindenpartien.

Ich exstirpierte einem Affen durch eine weite Trepanationsöffnung beide oberen Drittel der vorderen Centralwindungen unter gleichzeitiger Zerstörung aller dort befindlicher motorischer Centra für die Extremitäten, sodaß die Stromreizung der am Hinterrande der Wunde gelegenen Stellen keine Bewegungen der vorderen Extremitäten auslöste. Nach diesem Eingriff bestanden bei dem Affen die allbekannten paralytischen Erscheinungen mit Monoplegie des Oberarmes; aber nach einigen Wochen besserte sich das Bewegungsvermögen soweit, daß man die früheren Störungen kaum noch bemerken konnte. Nun eröffnete ich nochmals die lädierte Rindenregion und konnte zu meiner Verwunderung bei der Reizung des hinteren Wundrandes dicht an der Rolandoschen Furche alle die verschiedenartigen Bewegungen der vorderen Extremitäten beobachten, welche früher von den exstirpierten Centren aus hervorrufbar waren. Nachher ließen sich diese Bewegungen von der Rinde aus ganz und gar nicht mehr auslösen.

Die Zerstörung dieser neuen erregbaren Stellen führte wieder zu einer Steigerung der motorischen Paralyse. Gleiches war in anderen Versuchen zu eruieren.

Es spielen nun aber unzweifelhaft auch die Bewegungscentra der anderen Hemisphäre eine nicht zu unterschätzende Rolle bei der Wiederherstellung des Bewegungsvermögens von Gliedmaßen, welches durch Rindenläsionen beeinträchtigt wurde.

Dies bezeugen vor allem die Erscheinungen bei der Reizung in solchen Fällen. Wir werden später sehen, daß die Mehrzahl der Centra eine bilaterale Wirkung mit vorwiegender Innervation der kontralateralen Gliedmaßen aufweist.

Wenn wir ein Tier vor uns haben, bei welchem die Bewegungsvermögen der Gliedmaßen nach unilateraler Zerstörung der Gehirnrinde bereits restituiert ist, so erkennt man bei der Reizung der Rindencentra der gesunden Hemisphäre, daß die Wirkung dieser Centra auf die Muskeln der entsprechenden Seite nunmehr eine weitaus lebhaftere ist, als vor dem Eingriff.

Durch Versuche mit Zerstörung der Rindencentra kann man sich jedoch von der Richtigkeit des obigen Satzes noch besser überzeugen.

Trägt man bei einem Tier, nachdem es sich der Folgen der unilateralen Zerstörung der motorischen Rindencentra vollständig entledigt hat, nun die motorischen Centra auf der anderen Seite ab, so erhält man im Gefolge dieses zweiten Eingriffes nicht nur die gewöhnlich dabei auftretenden Bewegungsstörungen der kontralateralen Seite, sondern es tauchen auf der gleichen Seite, wenigstens bis zu einem gewissen Grade, wieder jene Bewegungsstörungen auf, welche das Resultat des ersten Eingriffes bildeten und danach mit der Zeit bereits zurückgegangen seien.

Schließlich gewinnen aber auch die subkortikalen Centra, sowie andere motorische Systeme eine gewisse Bedeutung für die Restitution der durch Rindenläsionen erzeugten Bewegungsstörungen.

Man kann dies aus dem Umstande erkennen, daß auch nach totaler und zweiseitiger Destruktion der motorischen Zone der Gehirnrinde im Laufe der Zeit immerhin eine große Aufbesserung des Bewegungsvermögens zu bemerken ist, wenn es auch nicht gelingen will, in der Umgebung der lädierten Rindenfelder mit dem Strome irgendwelche Bewegungen der Gliedmaßen des Tieres hervorzurufen und auch eine Erweiterung der Gehirnwunde keine Steigerung der Bewegungsstörungen an den Extremitäten bewirkt.

Es ist klar, daß eine gewisse Wiederherstellung des erloschenen Bewegungsvermögens in diesem Fall nur möglich ist auf Kosten einer vollkommeneren funktionellen Anpassung der subkortikalen Centra. Wir erwähnten schon früher, daß man bei einem Hunde mit totaler Zerstörung der motorischen Zone der Gehirnrinde mittels entsprechender Reize noch den Kratzreflex auslösen kann, welcher jedoch größtenteils in unvollkommener Weise sich abspielt, da die Kratzbewegungen dabei meist nicht ihr Ziel erreichen. Dieser Reflex ist also unzweifelhaft subkortikalen Ursprunges. Nichtsdestoweniger vervollkommnet er sich bei den Versuchstieren in der Regel nach und nach so weit, daß das Tier es schließlich wieder lernt, sich auf ganz regelrechte Weise zu kratzen.

Aus allen diesen Beobachtungen ist zu schließen, daß die subkortikalen Gehirnregionen unzweifelhaft Anteil nehmen an der Aufbesserung der Bewegungsstörungen, welche sich im Gefolge von Läsionen der sensitiv-motorischen Rindenzone einstellen.

Eine Erklärung dafür, wie die subkortikalen Regionen auf die Restitution der nach Abtragung der motorischen Rindenzone erloschenen Motilität Einfluß üben, versucht v. Monakow beizubringen.[1]) Er führt die Wiederherstellung der Motilität in diesen Fällen nicht auf einen Ausfall von Hemmungserscheinungen zurück, wie dies einige annehmen, sondern auf einen Ersatz der affizierten Neurone durch andere. Die motorischen und sensiblen Faserzüge bestehen bekanntlich aus einzelnen Neuronen, welche miteinander verbunden sind. An den Stellen, wo die Neurone sich treffen, sind eingeschaltete Nervenzellen anzunehmen. Sie vereinigen die Neurone zu Neuronkomplexen. Darunter versteht Monakow die Maximalzahl der Neurone, welche zur Ausbildung einer minimalen bewußten Erregung notwendig ist. So z. B. besteht der motorische Neuronkomplex aus der Pyramidenbahn, der motorischen Rindenhaubenbahn, dem spinalen Protoneuron, und außerdem finden sich auf der Verlaufsstrecke des Komplexes Schaltneurone. Ist nun die Pyramidenbahn zerstört, dann organisieren sich die unversehrt gebliebenen Bestandteile des Neuronkomplexes untereinander so, daß die motorische Rindenhaubenbahn auf spinale Schaltzellen Einfluß zu gewinnen beginnt und durch diese dann auf das spinale Protoneuron einwirken kann.

So erklärt sich die Tatsache, daß nach hemiplegischen Insulten nach und nach die vorübergehenden Symptome fortfallen, bis schließlich nur Dauersymptome übrig bleiben. Das Bestreben der verschonten

---

[1]) Monakow, Über den gegenwärtigen Stand der Frage der Lokalisation im Großhirn. Ergebnisse der Physiologie 1. Jahrg. 1902. — Vgl. auch O. Veraguth, L'état actuel de la question de la localisation corticale etc. Revue neurol. 1903. 15. Février.

Neurone, ihre Funktion soviel als möglich festzuhalten, bezeichnet v. Monakow als Diaschilis, was nicht mehr und nicht weniger bedeutet, als eine neue Ordnung der gegenseitigen Beziehungen zwischen den unversehrt gebliebenen Neuronen.

Es handelt sich hier, wie man sieht, entschieden um eine bis zu einem gewissen Grade geistreiche Hypothese. Ich sehe aber nicht ein, woraufhin man den an Orten, wo sich mehrere Hauptneurone mit einander berühren, befindlichen Schaltneuronen eine so exklusive Bedeutung beimessen soll. Vor allen Dingen sind solche Schaltneurone nicht einmal überall vorhanden, und deshalb kann ihre Bedeutung nicht so groß sein, als v. Monakow glaubt.

Ich meine, bei der Zerstörung eines Hauptneurons kommt es ganz unabhängig davon, ob Schaltneurone am Orte der Neuronberührung vorhanden sind oder nicht, zu einem Ersatz durch ein anderes Neuron dadurch, daß der Nervenstamm vom Centrum aus sich jetzt in ausgiebigerer Weise als früher über die unversehrt gebliebenen Neurone ausbreitet. Dies genügt vollkommen, damit die verschonten Neurone eine gesteigerte Funktion übernehmen und in dem einen oder anderen Maße den Neuronausfall decken.

6. Das Verhältnis der Bewegungscentra zur Ausbildung der epileptischen Anfälle.

Wir kommen nun zu einer weiteren bedeutsamen Erscheinung, welche die Physiologie der Bewegungscentra der Gehirnrinde nahe betrifft.

a) Experimentelle Ermittelungen.

1. Die epileptischen Krämpfe.

Wie schon früher bemerkt wurde, führt eine stärkere Reizung der kortikalen Bewegungscentra zur Ausbildung allgemeiner Krämpfe bezw. zu einem epileptischen Anfall. Man hat diese Anfälle seit den Mitteilungen von Kussmaul und Tenner[1]) gewöhnlich auf eine Reizung des Verlängerten Markes zurückgeführt. Das Experiment bezeugt aber, daß die sensitiv-motorische Zone der Gehirnrinde die einzige Quelle dieser Krampfanfälle bildet.

Wenn man auch von anderen Rindengebieten aus, so z. B. vom Hinterhauptlappen, epileptische Anfälle hervorrufen kann, so gilt dies nur unter der Bedingung, daß die sensitiv-motorische Zone unversehrt ist, welcher in derartigen Fällen die Reizung anderer Rindenfelder übermittelt wird.

α) Literarische Übersicht. — Johansen hat gefunden, daß es stärkerer Ströme bedarf, um von den hinteren Rindengebieten aus einen epileptischen Anfall zu erzielen.

Danillo, dem dieses Verhalten bereits früher bekannt war, lieferte den Nachweis, daß ein tiefer Querschnitt vor dem Occipitallappen die Auslösung epileptischer Anfälle durch Reizung dieser Rindenregion unmöglich macht.

---

[1]) Kussmaul und Tenner, Moleschott's Untersuchungen 1857. III, 1.

Die Erregungsausbreitung erfolgt in diesen Fällen nach den Angaben von Johansen nicht nur im Wege der grauen Substanz, sondern auch vermittelst der weißen Substanz, welche die Erregung im allgemeinen schlechter leitet, als die Rinde. Von der weißen Substanz aus gelingt es ja überhaupt nicht, einen epileptischen Anfall hervorzurufen.

Nach den Angaben von Bubnoff und Heidenhain soll man durch voraufgehende Exzision eines bestimmten motorischen Centrums das Auftreten epileptischer Krämpfe verhindern können in einer Muskelgruppe, welche diesem Centrum selbst bei der Ausbildung allgemeiner Krämpfe infolge von Reizung der unversehrten Rindengebiete untersteht. Ebenso können bei schneller Abtragung der gesamten motorischen Rindenzone an einer Hemisphäre die epileptischen Krämpfe sowohl auf der entgegengesetzten, als auch auf der gleichen Seite aufgehoben werden.[1])

Auch Munk gelangt auf Grundlage seiner Untersuchungsbefunde zu dem Schluß, daß die Abtragung eines der kortikalen Extremitätencentra zum Stillstehen der Krämpfe im Gebiet dieses Centrums führt.

Indessen liegen in dieser Beziehung auch anders lautende Angaben vor.

So z. B. hebt die Abtragung der motorischen Zone der Gehirnrinde die Ausbildung epileptischer Anfälle nach den Mitteilungen von Fr. Franck und Pitres für immer auf.[2]) Die Irritation der weißen Substanz liefert keine epileptischen Anfälle, während die Reizung des übrig gebliebenen Teiles der Rinde derselben Hemisphäre, sowie die Reizung der Rinde der anderen Hemisphäre sogleich mit einem epileptischen Anfall beantwortet wird.

Die Frage nach der Pathogenese der Krämpfe im epileptischen Anfall ist außerdem behandelt worden in den Untersuchungen von Ziehen[3]), Binswanger[4]), Marce und Magnan[5]), Danillo[6]), Pasternacki[7]), Ott[8]), Boyce[9]), Mosso[10]), Luciani[11]), Tamburini[12]), Seppilli[13]), Lussana und Gallerani[14]), Prus[15]), und Albertoni.[16]) Nichtsdestoweniger bleiben in dieser Frage, trotz ihrer großen praktischen und wissenschaftlichen Bedeutung, immer noch mancherlei Unklarheiten bestehen.

Jedoch kommen, trotz dieser Meinungsverschiedenheiten, alle späteren Forscher, welche sich mit dem Gegenstand beschäftigt haben, im

---

1) Bubnoff und Heidenhain, Pflüger's Arch. 1881. Bd. 26.

2) Fr. Franck et Pitres, Le progrès med. 1878. Arch. de phys. 1883, Nr. 5 u. 6.

3) Ziehen, Arch. f. Psych. Bd. XXI, Heft 3.

4) Binswanger, Arch. f. Psych. 1888. Bd. XIX, Neur. Centr. 1888, Nr. 9.

5) Marce et Magnan, De l'alcoholisme etc. Paris, 1864. — Magnan, Recherches de phys. pathol. avec l'alcohol et l'essence d'absinthe. Arch. de phys. 1873, Nr. 23. — Magnan, Leçons cliniques sur l'épilepsie. 1882.

6) Danillo, Arch. de Phys. 1882. v. 10.

7) Pasternacki, Compt. rend. des séances de l'academie des sciences de Paris. 1883.

8) Ott, The Journ. of nerv. and mental diseases. 1892.

9) K. Boyce, Neurolog. Centralbl., 1894, Nr. 13. Orig. Mitth.

10) A. Mosso, Die Temperatur des Gehirns. 1894, S. 86.

11) Luciani, Riv. sperim. di freniatria 1878, IV.

12) Luciani e Tamburini, Riv. sperim. di freniatria 1879, V.

13) Luciani e Seppilli, Die Funktions-Lokalisation auf d. Großhirnrinde. 1886.

14) Lussana e Gallerani, Rivista sperim. di freniatria, v. XVII.

15) Prus, Wien. klin. Woch. 1898, Nr. 38.

16) Albertoni, Moleschott's Untersuchungen 1884, Bd. XII, S. 804.

Gegensatz zu den älteren Auffassungen zu dem Satz, daß die Entwicklungsstelle des epileptischen Anfalles in der motorischen Zone der Gehirnrinde zu suchen ist [(Unverricht[1]), Rosenbach[2])].

Ziehen ist dagegen der Meinung, daß nur der klonische Teil des epileptischen Anfalles von kortikaler Herkunft sein soll. Die tonischen Krämpfe sollen durch Reizung der Region der Varolsbrücke bedingt werden.

Andererseits hat Binswanger bei der Wiederholung der bekannten Versuche Nothnagel's über das „Krampfcentrum" erkannt[3]), daß man weder durch die elektrische, noch durch die tetanische Reizung einen wirklichen epileptischen Anfall auslösen kann. Krämpfe treten dabei wohl auf, aber sie sind von anderer Art, nämlich tonische Kontraktionen am Rumpfe, am Kopf und an den Extremitäten, welche an assoziierte Lauf-, Stampf- und andere zusammengesetzte Bewegungen erinnern. Sie setzen zudem sofort nach dem Aufhören des Reizes aus. Diese Krämpfe sind nach der Meinung Binswanger's reflektorischer Natur und beruhen auf einer Reizung von Centren, welche in der dorsalen Brückenregion ihre Lage haben.

β) Experimentelle Untersuchungsergebnisse. — Das allgemeine Ergebnis der Untersuchungen, welche bezüglich der in Rede stehenden Frage in meinem Laboratorium durchgeführt wurden, kann wie folgt zusammengefaßt werden.[4])

Nach dem Ergebnis meiner Untersuchungen an Hunden komme ich zu dem Schluß, daß der epileptische Anfall im Falle der Reizung der Gehirnrinde in zwei verschiedenen Formen verlaufen kann.

War die Reizung lokal und anhaltend, aber nicht von großer Intensität, so beginnt der Anfall mit lokalen Krämpfen, welche sukzessiv von einem Glied auf das andere übergehend, nach und nach allgemein werden und in einen allgemeinen Anfall mit tonischen Krämpfen und nachfolgendem Koma ausarten können. Jedoch sind weder die tonischen Krämpfe, noch das Koma in diesem Fall eine notwendige Folgeerscheinung der Rindenreizung; vielmehr kann der Anfall in der Phase der klonischen Krämpfe still stehen und damit seinen Abschluß finden.

Reizt man jedoch die motorische Rindenzone von vornherein mit stärkeren Strömen, besonders wenn dabei beide Gehirnhemisphären durch Applikation der Elektroden betroffen werden, dann wird der auftretende epileptische Anfall von vornherein allgemein; er wird durch tonische Krämpfe eingeleitet, und wenn diese aufhören, setzen allgemeine klonische Krämpfe ein.

Was die Frage nach der Bedeutung der motorischen Rindenzone für die Ausbildung des epileptischen Anfalles betrifft, so konnte aus meinen eigenen Befunden, sowie aus den sonstigen Ergebnissen, welche

---

[1]) Unverricht, Arch. f. Psych. 1883, XIV, 2.
[2]) Rosenbach, Vêstn. psihiatr. 1884.
[3]) Binswanger, Arch. f. Psych. 1888, Bd, XIV. Neurolog. Centralbl. 1888. Nr. 9.
[4]) W. Bechterew, Untersuchungen über die Ausbildung der epileptischen Anfälle. Nevrolog. Vêstn. Bd. 2, H. 3. — J. Meyer, Über die Entstehung der Krämpfe im epileptischen Anfall. Nevrolog. Vêstn. Bd. 4, H. 4. — N. A. Vyrubov, Zur Frage über das sogenannte Krampfcentrum. Nevrolog. Vêstn. Bd. 2, H. 3. Diese Schrift enthält auch das Ergebnis der von Dr. Susčinski über diesen Gegenstand in meinem Laboratorium angestellten Untersuchungen.

aus meinem Laboratorium in dieser Beziehung vorliegen, als feststehend erkannt werden, daß die Entrindung der motorischen Zone an beiden Gehirnhemisphären dazu führt, daß ein vollständiger epileptischer Anfall nunmehr durch keinerlei Reizmittel hervorrufbar erscheint. Man erzielt bei diesen Tieren durch Reizung jedoch allgemeine tonische Krämpfe, welche sofort nach dem Aussetzen des Reizes aufhören und mit gleichem Erfolge auch durch die Reizung der weißen Substanz der Hemisphären hervorgerufen werden können.

Auch die Vergiftung mit Absynth, Cinchonin und Cinchonidin bewirkt in einigen Fällen epileptische Anfälle, aber nur in Form tonischer Krämpfe oder allgemeiner Zuckungen; klonische Krämpfe kommen dabei nicht zur Beobachtung.

Im Verlaufe des epileptischen Anfalles bei Tieren, welchen ein oder mehrere Centra einer Hemisphäre exstirpiert worden waren, haben die tonischen Krämpfe allgemeinen Charakter; aber an den klonischen Krämpfen beteiligen sich die Gliedmaßen, deren Centra abgetragen wurden, viel weniger.

Wenn man in der Phase der tonischen Krämpfe schnell die Centra eines Gliedes abträgt, so wird dadurch der Verlauf der Krämpfe nicht wesentlich verändert. Aber die auf die tonischen Zuckungen folgenden klonischen Krämpfe treten schwächer hervor an den Gliedmaßen, deren Centra abgetragen wurden.

Ebenso hebt die voraufgehende Abtragung einzelner Centra oder gar der gesamten motorischen Zone an einer Hemisphäre die Entwicklung des epileptischen Anfalles nicht auf. Nur erscheinen die klonischen Krämpfe auf der gleichen bezw. auf der der beschädigten Hemisphäre entgegengesetzten Seite viel schwächer und vorübergehender als auf der anderen Seite. Schon von einem relativ kleinen Felde der motorischen Zone einer Hemisphäre läßt sich ein allgemeiner Krampfanfall mit allen ihm zukommenden charakteristischen Eigentümlichkeiten hervorrufen; aber auch hier erscheinen die klonischen Zuckungen in den den beschädigten Rindencentren entgegengesetzten Gliedmaßen relativ schwach und weniger anhaltend.

Ferner kommen bei der Auslösung eines partiellen epileptischen Anfalles, solange er nicht allgemein geworden ist, klonische Krämpfe in den den früher abgetragenen Rindencentren entsprechenden Gliedmaßen nicht mehr zur Beobachtung. Auch die schnelle Abtragung der Centra während des Anfalles partieller Epilepsie verhindert das Auftreten von Krämpfen an den Gliedmaßen, deren Centra entfernt wurden.

Erwähnt sei hier außerdem, daß die epileptiformen Krämpfe, welche man beim Kaninchen durch Hineinstechen einer Nadel in das „Krampf-Centrum“ der Varolsbrücke hervorrufen kann, bei einem Schnitt durch das Gehirn in der Hirnschenkelebene sofort zum Stillstand gebracht werden. Es bleibt dann bei dem Versuchstier als Folge des erwähnten Eingriffes nur eine allgemeine tonische Muskelspannung übrig. Wenn man diesem Kaninchen aber vorher die Hemisphären exstirpiert hat, dann lassen sich durch einen Stich in die Brücke nicht mehr jene epileptiformen Anfälle hervorrufen.

Man ersieht aus allen diesen Befunden, daß die Krämpfe des epileptischen Anfalles ihre Entstehungsquelle in der Gehirnrinde haben müssen. Die feinklonischen Krämpfe sind dabei ganz und gar auf

Erregung der kortikalen Bewegungscentra zu beziehen; an der Entstehung der tonischen Krämpfe und den ausgiebigen Bewegungen nehmen auch die subkortikalen motorischen Ganglien einen bestimmten Anteil.

Es ist jedoch nicht zu leugnen, daß unter Umständen auch die basalen Gehirnteile Ausgangspunkt epileptischer Anfälle sein können. Aber auch in diesem Falle ist für die Ausbildung der Krämpfe, wenigstens der feinklonischen, ausschließlich die motorische Zone der Gehirnrinde verantwortlich zu machen.

2. Die anderen Erscheinungen des epileptischen Anfalles.

Nun äußert sich der epileptische Anfall bekanntlich nicht durch Krämpfe allein. Vielmehr vollziehen sich im epileptischen Anfalle neben den Krampferscheinungen unzweifelhaft noch bestimmte Veränderungen im Bereiche des Herzens und Gefäßsystems, im Gebiete der Atmung; auch kommt es zu Veränderungen der Tätigkeit der inneren Körperorgane.

Vulpian hat durch Tierversuche nachgewiesen[1]), daß die bei der Reizung der Gehirnrinde auftretenden epileptischen Anfälle gewöhnlich begleitet werden von Störungen der Atmung, der Herztätigkeit und der Harnblasenfunktionen, von einer Steigerung der Gallensekretion, sowie von Kontraktionen der Milz.

Beim Hunde fand Vulpian während der epileptischen Anfälle häufig eine Verlangsamung, manchmal eine Beschleunigung und Unregelmäßigkeit der Herztätigkeit. Die Respiration wird dabei vertieft und langsam und steht auf einige Zeit sogar still unter Auftreten von Cyanose der Lippen und der Schnauze, gesteigerter Salivation und Gallenausscheidung. Gewöhnlich setzten die Erscheinungen am Herzen und Gefäßsystem schon 2—3 Sekunden nach dem Beginn der Reizung ein. Vulpian beobachtete dabei auch Kontraktionen der Harnblase unter Auspressung der letzten vorhandenen Harntropfen. Außerdem kam es zu kongestiven Zuständen im Bereiche des Magendarmkanales. Nicht vorhanden war nur Schweißausscheidung, trotz der allgemein gesteigerten Tätigkeit des Organismus.

Nach den Beobachtungen von Fr. Franck erfolgt bei dem von der Gehirnrinde aus erzeugten epileptischen Anfall ein allgemeines Ansteigen des Blutdruckes unter Verengerung der Gefäße der Leber, der Niere und der Milz.[2])

Diese Erscheinungen seitens des Herzens und Gefäßsystems, sowie die Veränderungen an den inneren Organen, namentlich seitens des Magens, Darms und der Harnblase im epileptischen Anfalle wurden durch Spezialversuche meines Laboratoriums (Dr. Todorski[3]), Borišpolski[4]), Osipov[5]) in eingehendster Weise an der Hand graphischer Untersuchungsmethoden verfolgt.

---

[1]) Vulpian, Expériences rélatives aux phénomènes etc. Comptes rendus, t. 100.

[2]) Fr. Franck, Influences des excitations simples et épileptique du cerveau etc. Comptes rendus. T. 107. 1888.

[3]) Dr. Todorksi, Vrač 1891, Nr. 22.

[4]) Dr. Borišpolski, Über die Veränderungen der Gehirnzirkulation im epileptischen Anfall. Dissert. St. Petersburg.

[5]) Dr. Osipov, Über die Kontraktionen des Magens, der Drüse und der Harnblase usw. Dissert. Petersburg 1898.

Man fand dabei u. a. auch lebhafte Kontraktionen der Milz während der epileptischen Anfälle.

Ihre Erklärung finden alle diese Erscheinungen darin, daß in den centralen Rindengebieten, wie wir später sehen werden, auch Centra lokalisiert sind, welche auf die Tätigkeit des Herzens und Gefäßsystems, sowie auf die Funktionen der inneren Körperorgane Einfluß üben. Diese Centra müssen im epileptischen Anfall offenbar ebenfalls in Mitleidenschaft gezogen werden.

Spezielle Untersuchungen an neugeborenen Tieren haben mir gezeigt, daß selbst bei monatigen Welpen, deren motorische Rindencentra bereits wohl ausgebildet gefunden wurden, epileptische Anfälle noch nicht hervorgerufen werden. Dieser Befund läßt vermuten, daß das eigentliche Wesen des epileptischen Anfalles, bezw. seine Grundursache nicht in einer Erregung der motorischen Rindencentra selbst gelegen sein möchte, sondern in einer Störung der cerebralen Blutzirkulation liegen muß im Zusammenhange mit den bestehenden Störungen des Herzens und des Gefäßsystems, dessen kortikale Centra, wie die hierbezüglichen Untersuchungen meines Laboratoriums (Dr. Gartier) ergeben haben, beim Hunde im Laufe des ersten Lebensmonates noch vollständig fehlen und erst im Beginn des zweiten Monates sich zu entfalten anfangen.

3. Die sukzessive Ausbreitung der epileptischen Krämpfe.

Was die Reihenfolge betrifft, in welcher sich die epileptischen Krämpfe ausbreiten, so beginnen die Krämpfe nach den Angaben von Unverricht in jener Muskelgruppe, deren Centrum direkt gereizt wird. Demnächst kontrahieren sich die Muskeln, deren Centra in der unmitttelbaren Nachbarschaft des primär gereizten Centrums sich befinden. Darauf folgen Kontraktionen von Muskeln, deren Centren von den primär gereizten weiter abliegen, und schließlich, wenn die Krämpfe schon eine ganze Körperhälfte ergriffen haben, gehen sie auf die andere Seite hinüber, wo die ersten Krämpfe in den hinteren Extremitäten auftreten und von hier sich in aufsteigender Reihenfolge über die obere Extremität und den Kopf verbreiten.

Sind einzelne motorische Rindencentra abgetragen worden, dann beteiligen sich die ihnen entsprechenden Muskelgruppen nicht an den Krämpfen. Im Falle der Abtragung der Centra einer Seite haben die Krämpfe einen unilateralen Charakter, und wenn gelegentlich Krämpfe auch auf der anderen Seite auftreten, so hängt dies mit Nebenumständen zusammen. Am häufigsten kommen diese sogenannten Krämpfe durch Erregungsübergang auf die andere Seite des Rückenmarks zu Stande. Im Falle bilateraler Abtragung der motorischen Centra der Gehirnrinde kann ein epileptischer Anfall nicht mehr hervorgerufen werden.

Epileptische Anfälle sind, wie das Experiment bezeugt, auch von anderen Rindengebieten aus erzielbar, so z. B. vom Hinterhauptlappen aus, aber nur unter der Bedingung, wenn die motorische Zone nicht lädiert ist, und auf jeden Fall bedarf es für Erzeugung eines epileptischen Anfalles dabei der Anwendung stärkerer Ströme.

Im Hinblicke auf alle diese Befunde neigt Unverricht zu der Auffassung, daß die Hauptursache der epileptischen Anfälle bezw. der

tonischen und klonischen Krämpfe in der Rinde zu suchen ist und daß die Ausbreitung der Krämpfe im epileptischen Anfall bedingt ist durch Reizirradiation von einem Rindencentrum auf andere.

Doch kann die erwähnte Reihenfolge der Ausbreitung der epileptischen Krämpfe nicht auf absolute Gültigkeit Anspruch machen. Denn schon Binswanger hat bemerkt, daß die typischen Anfälle alles in allem eine Häufigkeit von 30—38% haben.

Prus wendet sich gegen das obige Gesetz der Krampfverbreitung.[1] Nach seinen Experimenten folgen die epileptischen tonisch-klonischen Krämpfe selbst in einem und demselben Falle und bei Reizung einer und derselben Rindenstelle in verschiedener Ordnung auf einander. Diese Abweichungen führt Unverricht darauf zurück, daß die Erregung sich in Ausnahmefällen schneller nach der einen, als nach anderen Richtungen verbreitet; diese Erklärung kann aber wegen der großen Häufigkeit der Abweichungen nicht befriedigen.

Auch hat Prus erkannt, daß der epileptische Anfall selbst dann auf die gewöhnliche Weise sich vollzieht, wenn man auf dem Höhepunkt seiner Entwicklung sämtliche motorische Rindencentra schnell abträgt.

Der epileptische Anfall nimmt ferner nach den Beobachtungen von Prus seinen gewöhnlichen Verlauf, wenn man ein motorisches Centrum reizt, welches vorher ringsherum umschnitten wurde. Ginge die Ausbreitung der Krämpfe entlang der Gehirnoberfläche von statten, dann könnte in diesem Fall ein epileptischer Anfall offenbar sich nicht ausbilden.

Prus versenkte ferner in die Gehirnrinde ein spitz zulaufendes Glasrohr, wodurch das betreffende Gehirncentrum isoliert wurde. Bei der Reizung dieses Centrums erzielte er nun auch unter solchen Verhältnissen zuweilen epileptische Anfälle.

Selbst die Reizung der Occipitalrinde bewirkt nach den Beobachtungen von Prus noch epileptische Anfälle, nachdem mit dem Pacquelin die Furche zwischen Hinterhauptlappen und motorischer Zone zerstört wurde.

Prus untersuchte sodann die Aktionsströme in der Gehirnrinde während des epileptischen Anfalles mit dem Galvanometer oder mit dem physiologischen neuro-muskulären Froschpräparat. Er erkannte dabei, daß negative Stromschwankung bezw. tonisch-klonische Krämpfe des Nerven-Muskelpräparates von der Rinde aus manchmal während des epileptischen Anfalles auftreten, häufig jedoch konnten solche Aktionsströme während der Anfälle und selbst während des Bestehens lebhafter Krämpfe nicht erzielt werden.

Alles dies spricht, wie Prus schließt, gegen eine Erregungsausbreitung in der Rinde bei Epilepsie und auch gegen eine Herleitung der epileptischen Krämpfe aus der Gehirnrinde.

Im ganzen gelangt Prus zu dem Satz, daß das Gesetz der Erregungsirradiation in der Rinde unzureichend ist; daß die Erregung sich beim epileptischen Anfalle nicht in Gestalt zunehmender kreisförmiger Wellen über die Rinde verbreitet; daß endlich bei der Entstehung der epileptischen Anfälle die Rinde keine Rolle spielt.

[1]) Prus, Über die Leitungsbahnen und Pathologie der Rindenepilepsie. Wiener klin. Woch. 1908, Nr. 38.

Auf die Versuche von Prus bezüglich der Leitungsbahnen, welche bei der Entstehung des epileptischen Anfalles in Betracht kommen, gehe ich später noch näher ein. Hier ist zu bemerken, daß man nach der Bepinselung der motorischen Zone mittels einer 10 proz. wässerigen Kokainlösung durch elektrische Rindenreizung epileptische Anfälle nicht mehr erzielt, wenn gleich einzelne Muskelkontraktionen, welche dem gereizten Centrum entsprechen, noch auftreten. Bei zunehmender Stromstärke erhält man sukzessive tonische Krämpfe in verschiedenen Muskelgebieten und schließlich wird der ganze Körper ergriffen; nach Entfernung der Elektroden setzen die Krämpfe sofort aus. Zu einem Bewußtseinsverlust (?) soll es bei den Tier nicht kommen. Selbst nach wiederholter Kokainbepinselung einer Hemisphäre läßt sich von der anderen, nicht bepinselten Hemisphäre ein epileptischer Anfall nicht erzielen. Diese Wirkung beruht offenbar auf einer Hemmung der motorischen Centra der anderen Seite.

Prus sucht dies übrigens dadurch zu erklären, daß die Kokainbepinselung der einen Hemisphäre gleichzeitig auch die andere Hemisphäre anästhesiere. Er führt seine Befunde überhaupt darauf zurück, daß in der motorischen Rindenzone sensible Elemente und namentlich Endigungen sensibler Nervenfasern vorkommen sollen. In einer Reizung der Endverzweigungen sensibler Fasern bezw. der sensiblen Zellen selbst soll die eigentliche Ursache des Krampfanfalles gelegen sein.

Nun unterliegt aber die Bedeutung der motorischen Rindenzone für die Ausbildung des epileptischen Anfalles einem Zweifel, wie mir scheint, schon deshalb nicht, weil die totale Abtragung der motorischen Rindencentra, wie wir früher gesehen haben, es bedingt, daß ein Anfall nicht mehr durch die elektrische Reizung der Rinden und der Hemisphären überhaupt auslösbar ist, da bei der Anwendung starker Ströme in diesem Falle nur tonische Krämpfe auftreten, welche bei dem Aussetzen des Reizes sofort verschwinden. Demnach hängen die klonischen Krämpfe, welche bei der totalen Abtragung des Gyrus sigmoideus bezw. der Centralwindungen ausfallen, unzweifelhaft von der Gehirnrinde ab. Sie aber als eine Folge der Reizung der sensiblen Leitungsbahnen oder Centra zu betrachten, dazu liegt keine Berechtigung vor, da man in diesem Fall auch die gewöhnlichen, bei schwacher Rindenreizung auftretenden Gliederbewegungen auf Kosten einer Reizung sensibler Elemente setzen müßte, wofür aber keinerlei positive Nachweise vorliegen.

Was die Sukzessivität der Ausbildung der klonischen Krämpfe im epileptischen Anfall betrifft, so haben auch meine Beobachtungen dargetan, daß die von Unverricht aufgestellte Regel nicht konstant zutrifft. Vielmehr machen sich bezüglich der Ausbreitung der Krämpfe häufig Abweichungen von dem angegebenen Typus bemerkbar. Dies hängt wohl von sehr verschiedenen Umständen ab, welche teils die individuellen Organisationsverhältnisse betreffen, teils vielleicht sogar durch vorübergehende, während des Versuches selbst eintretende Bedingungen (erhöhte Erregbarkeit einzelner Centra, Hemmung anderer Centra usw.) hervorgerufen sind.

b) Der epileptische Anfall beim Menschen.

In welchem Maße die dargelegten Ergebnisse des Tierversuches durch die klinische Erfahrung unterstützt werden, soll hier kurz zu zeigen versucht werden.

Vor allem hat Hughling Jackson schon zu Beginn der siebziger Jahre zuerst gefunden, daß pathologische Prozesse, welche an bestimmten Stellen der Gehirnrinde vorkommen, bei den betreffenden Kranken linksseitige Krämpfe der entgegengesetzten Körperhälfte hervorrufen, welche manchmal einen streng umschriebenen Charater haben.[1])

Diese Tatsache ist späterhin durch ein so erdrückendes Beobachtungsmaterial erhärtet worden, daß über die Beziehungen der Gehirnrinde zur Ausbildung der Anfälle der sogenannten partiellen, auch als Jacksonsche bezeichneten Epilepsie gegenwärtig Meinungsverschiedenheiten wohl nicht bestehen können.

Andererseits ist seit den Untersuchungen von Charcot bekannt geworden, daß die totale Zerstörung der motorischen Region an einer Hemisphäre eine Hemiparalyse bewirkt, welche nicht nur die willkürlichen Gliedmaßenbewegungen der entgegengesetzen Seite aufhebt, sondern auch das Lokomotionsvermögen vernichtet. Doch erscheint die Paralyse der unteren Extremitäten in diesem Falle nicht so vollständig und dauernd, wie die Paralyse der oberen Extremitäten. Nach Ablauf einiger Wochen oder Monate wird der Kranke unter diesen Verhältnissen wieder mobil, nur daß er die affizierte Extremität nachschleppt. Dagegen bleibt die Paralyse der oberen Extremitäten in der Mehrzahl derartiger Fälle sehr stabil. Die Motilität des Armes bessert sich zwar mit der Zeit mehr oder weniger, aber die Wiederherstellung der Motilität bezieht sich dabei in erster Linie auf die oberen Armgebiete, während die Paralyse der Hand und der Finger im Laufe der Zeit sich nur wenig vermindert und einen dauernden schweren Zustand bedingt.

Auch im Beingebiet hält sich am hartnäckigsten die Paralyse der Fuß- und Zehenbewegungen. Dies ist auch der Grund des Nachschleppens der Extremität.

Was das Gesicht betrifft, so äußert sich die Paralyse hier nahezu ausschließlich in der unteren Gesichtshälfte. Auch ist diese Paralyse nur bei den Willkürbewegungen vorhanden, während die mimischen Bewegungen gewöhnlich in fast symmetrischer Weise auf beiden Seiten sich vollziehen, wie dies auch im Tierexperiment der Fall ist.

Ferner kann es bei Rindenaffektionen zu unilateraler Rumpfparese kommen. Dann sind die Inspirationsbewegungen auf der gelähmten Seite in der Regel schwächer ausgesprochen, als auf der gesunden Seite. Auch können die betr. Kranken infolge der bestehenden Parese der Rumpfmuskeln zuweilen nicht sitzen. In Fällen, wo die Rinde symmetrisch affiziert ist, ist auch die Paralyse der Rumpfmuskulatur eine bilaterale.

Was die Sensibilität betrifft, so erscheint sie auf der Seite der Hemiplegie in der Regel herabgesetzt.

---

[1]) H. Jackson, On the anatomical physiological and pathological investigations of epilepsie. West. Riding Lunatic Asyl. med. Rep. 1873, V. III.

Man kann nicht umhin, in allen diesen Erscheinungen eine gewisse Analogie mit den Zuständen zu bemerken, welche auch im Experiment vorhanden sind. Vor allem ist der Umstand von Bedeutung, daß die untere Extremität, als vorwiegend zur Lokomotion bestimmter Körperteile, weniger affiziert wird, als die obere Extremität, das wichtigste Werkzeug der Zweckbewegungen. An beiden Extremitäten leiden am meisten gerade die distalen Teile (Hand und Finger, Fuß und Zehen), welche am meisten der Funktion der Zweckbewegungen angepaßt sind.

Hier besteht also eine volle Analogie mit den Erscheinungen des Tierversuches. Wenn zwischen Mensch und Tier in dieser Beziehung Unterschiede vorhanden sein sollten, so handelt es sich jedenfalls nicht um wesentliche Dinge, sondern diese Unterschiede können sich nur auf den Grad der Bewegungsstörung beziehen.

Es fällt ferner auf, daß die lokomotorischen Bewegungen bei den Menschen viel mehr leiden, als beim Tier, und sogar mehr, als bei den Affen. Wir haben schon früher gesehen, daß die lokomotorischen Bewegungen auch bei den Tieren im Maße der aufsteigenden Rangstufen immer mehr und mehr bei derartigen Lähmungszuständen in Mitleidenschaft gezogen werden. Es ist daher natürlich vorauszusetzen, daß diese Bewegungen auch bei dem Menschen in höherem Grade alteriert sein müssen, als bei den Affen. Dies ist um so viel mehr zu erwarten, als die aufrechte Stellung des Rumpfes und die Lokomotion mit Hilfe der Beine allein den lokomotorischen Mechanismus in einem wesentlichen Grade kompliziert im Verhältnis zu den Lokomotionsbedingungen auf allen Vieren, wie wir sie bei den Tieren antreffen.

Daß man den oberen Facialis bei den kortikalen Paralysen des Menschen nicht betroffen findet, beruht gewiß auf der bilateralen Innervation der Muskeln der oberen Gesichtshälfte, welche, wie wir gesehen haben, in der Gehirnrinde durch ganz distinkte Centra vertreten erscheint.

Die Erhaltung des mimischen Bewegungsvermögens endlich steht bei den kortikalen Paralysen in voller Übereinstimmung mit dem Umstande, daß diese Bewegungen, wie das Tierexperiment bezeugt, einen gänzlich für sich bestehenden Mechanismus haben, welchem zudem Impulse nicht allein von der motorischen Zone, sondern auch von anderen Gebieten der Gehirnrinde zufließen.

Wir wissen ferner, daß die kortikalen Paralysen beim Menschen ebenso gut, wie bei den Tieren, einer erheblichen Aufbesserung zugänglich sind. Allein gewöhnlich wird in schweren Fällen die volle Bewegungsfreiheit nie wiedergewonnen. Das affizierte Bein wird, wenn es sich schon an den Lokomotionen beteiligt, immer noch nachgeschleppt und weist dabei deutliche Erscheinungen einer Extensionskontraktur auf im Gegensatze zu der Flexionskontraktur, welche sich im Laufe der Zeit an der oberen Extremität herausbildet.

7. Die Anordnung der motorischen Rindencentra des Menschen.

Was die Lokalisationsverhältnisse der einzelnen motorischen Rindencentra des Menschen betrifft, so hat es nach allen vorliegenden Erkenntnissen den Anschein, daß in dieser Beziehung eine weitgehende

Übereinstimmung mit der Anordnung der Rindencentra bei den Affen besteht. Als Beleg für das Vorhandensein einer solchen Übereinstimmung können die klinisch beobachteten Folgeerscheinungen der Destruktion bestimmter Stellen der motorischen Rindenzone des Menschen geltend gemacht werden.

Schon Charcot hat bekanntlich auf Grund eigener und seiner Schüler Beobachtungen als allgemeine Regel den Satz aufgestellt: Bei dem Menschen ordnen sich die Bewegungscentra in beiden Centralwindungen derartig an, daß ganz zuoberst in der Nähe der Innenfläche der Hemisphäre die Centra für die untere Extremität sich ausbreiten. Den mittleren Teil der Centralwindungen okkupieren die Centra für die obere Extremität. Endlich lagert sich im unteren Teil beider Centralwindungen das Centrum für das Gesicht; darunter folgt das Centrum für die Zunge.



Fig. 287.
Schematische Darstellung der äußeren Oberfläche des menschlichen Gehirns.
P Beincentrum; *M* Armcentrum; *F* Facialiscentrum; *L* Zungencentrum; *K* Kau- und Schluckcentrum; *T* Rumpfcentrum; *O* Augencentrum.

Doch drängen die Ergebnisse neuerer Ermittelungen zu der Auffassung, daß auch bei den Menschen, wie bei den höheren Affen die motorischen Centra im wesentlichen der vorderen Centralwindung und dem hinteren Abschnitt der Stirnwindungen angehören (Fig. 287).

Was das Centrum für die Drehbewegungen des Kopfes betrifft, so verdienen in dieser Beziehung vor allem die Beobachtungen von Hitzig und Fraenkel volle Beachtung.

Hitzig beobachtete einen Kranken, bei welchem eine Paralyse der Hinterhauptmuskeln rechterseits bestand, welcher zufolge der Kopf nach vorne und ein wenig nach links herabgesunken sich hielt. Bei der Sektion stieß man auf einen Tumor des rechten Stirnlappens.[1])

Fraenkel bemerkte in seinem Fall Reizung der Hinterhauptmuskeln der linken Seite. Anfangs hielt sich der Kopf leicht nach rechts geneigt, dann wurde die Wirkung zweiseitig, es kam zu lebhafter allmählich zunehmender Spannung der Hinterhauptmuskeln, verbunden mit Kopfschmerzen, Bewußtseinstrübung und Fieber. Die Obduktion entdeckte ein oberflächliches Blutextravasat im linken Stirnlappen, vorwiegend entsprechend dem hinteren Ende der zweiten Stirnwindung

[1]) Hitzig, Berl. klin. Woch. 1892, Nr. 29.

und dem angrenzenden Teil der dritten Stirnwindung, rückwärts sich bis an die vordere Centralwindung erstreckend.[1])

In einem der von mir beobachteten Fälle fand sich bei bestehender Affektion des hinteren Abschnittes der ersten (oberen) Stirnwindung Paralyse der Vorderarm- und Rumpfmuskulatur.

Bestimmte klinische Erfahrungen deuten ferner auf das Vorkommen eines Centrums für die assoziierten Augenbewegungen im hinteren Abschnitte des menschlichen Stirnlappens. Auf diese Rindencentra komme ich an einer späteren Stelle eingehend zurück.

Ferner bezeugt eine ganze Reihe vorhandener klinischer Beobachtungen, daß die Kaumuskeln beim Menschen im unteren Abschnitt des Gyrus centralis anterior ihr Rindencentrum haben müssen. Volle Beachtung verdienen in dieser Beziehung vor allem die Fälle von Lepine[2]), Langer[3]), Hirt[4]), Barlow.[5]) Dana berichtet über einen Fall von Paralyse der Zunge und der Lippen bei bestehender hämorrhagischer Encephalitis des kortikalen und subkortikalen Teiles des unteren Abschnittes der hinteren Centralwindungen und des angrenzenden Stückes des unteren Scheitelläppchens.[6]) Man muß daraufhin annehmen, daß bei dem Menschen das Zungencentrum und das Lippencentrum sehr nahe bei einander liegen. Der obere Teil des Zungencentrums hängt mit dem Centrum der Hautbewegungen, sein unterer Teil mit dem Centrum der Artikulationsbewegungen zusammen.

a) Besonderheiten der kortikalen Paralysen.

1. *Literarische Übersicht.* — Wie gesagt, haben Charcot und andere die allgemeine Lokalisation der Centra des Gesichts, des Armes und des Beines in der Gehirnrinde des Menschen eruiert und nachgewiesen, daß die Paralyse einzelner Glieder, die sogenannte Monoplegie, ein besonderes Charakteristikum der kortikalen Affektionen bildet.

Diese Ermittelung ist nun dahin zu ergänzen, daß diese Lähmungen sich in wesentlicher Weise von den peripheren Lähmungen unterscheiden und zwar insofern, als es sich bei den Monoplegien gewöhnlich nicht um eine totale Lähmung des betreffenden Gliedes handelt, sondern nur um eine Lähmung bestimmter Muskelgruppen.

Wir haben vorhin schon erwähnt, daß bei den Rindenaffektionen gewöhnlich die Funktionen des unteren Teiles des Gesichts erlöschen, also die Tätigkeit der die Mundöffnung umgebenden, Zweckbewegungen angepaßte Muskeln. Dagegen behalten die Muskeln der oberen Gesichtsregion, welche gewöhnlich auf beiden Seiten sich gleichzeitig kontrahieren, ihre Leistungsfähigkeit. Darin liegt ein Gegensatz zu den peripheren Paralysen des Facialis, wo alle Muskeln einer Gesichtshälfte gelähmt angetroffen wurden.

---

[1]) Fraenkel, Charité-Annalen. 1886.

[2]) Lepine, Revue de méd. 1882.

[3]) Langer, Über Kaumuskellähmung und Trismus bei Herderkrankungen des Gehirns. Wien. Med. Woch. 1886.

[4]) Hirt, Zur Lokalisation des kortikalen Kaumuskelcentrums beim Menschen. Berl. klin. Woch. 1887, Nr. 27.

[5]) Barlow, The Brit. med. Journ. 1887.

[6]) Dana, A case of cerebral bulbar paralyses etc. Philos. Med. Journ. Vol. IV. 1902. Jahresb. f. Neurologie und Psychiatrie für 1902, S. 156.

Bei Affektionen des Zungencentrums leiden in der Regel nur die Muskeln, welche sich nach der entgegengesetzten Seite bewegen und sie nach vorne ziehen; die übrige Zungenmuskulatur bleibt mehr oder weniger unversehrt.

Ganz analoge Verhältnisse findet man auch bei den kortikalen Affektionen im Bereiche des N. accessorius Willisii. Verschont bleibt gewöhnlich bei cerebralen Paralysen jener Ast des Accessorius, welcher den M. sternocleido-mastoideus versorgt, während der Ast für den Trapezius betroffen wird. Charakteristisch dafür ist das Herabhängen der Schulter und die Unfähigkeit, diese willkürlich in ausgiebiger Weise zu heben; die respiratorische Funktion des Trapezius erweist sich dabei als unversehrt.

Was die kortikalen Paralysen der Extremitäten betrifft, so hat schon Wernicke darauf hingewiesen[1]), daß bei cerebralen Hemiplegien, selbst in schweren Fällen, zum mindesten bei voll entwickeltem Symptomenbilde eine totale und gleichmäßige Paralyse der unteren Extremität nicht zu finden ist. Die nähere Untersuchung ergibt dabei, daß jene Muskelgruppen, welche bei den Gehbewegungen am meisten engagiert sind, noch in einem erheblichen Maße ihr Leistungsvermögen bewahren. Zu diesen Muskelgruppen gehören die Flexoren des Oberschenkels, welche das Bein beim Gehen nach vorne bewegen helfen, dann die Extensoren des Kniegelenkes, welche ebenfalls an der Vorwärtsbewegung des Beines beim Gehen mitwirken, und schließlich die Plantarflexoren des Fußes, welche beim Gehen abstoßen. Lebhaft paralysiert dagegen findet man in diesen Fällen die Extensoren des Oberschenkels, die Flexoren des Kniegelenkes, und die Dorsalflexoren des Fußes.

Bei weniger schweren Paralysen bleiben die Flexoren des Oberschenkels, die Extensoren des Kniegelenkes und die Plantarflexoren des Fußes meistenteils nahezu vollständig verschont, während die übrigen Muskelgruppen mehr oder weniger paralytisch angetroffen werden.

Die obere Extremität verhält sich zu den cerebralen Paralysen in ähnlicher Weise. Selbst in schwereren Fällen kommt es gewöhnlich mit der Zeit zu einer gewissen Wiederherstellung des Bewegungsvermögens der Hand; dabei rehabilitieren sich die Flexoren viel schneller und vollständiger als die Extensoren. Auch die Muskeln, welche den Arm nach vorn und seitwärts (vom Rumpfe ab) bewegen, restituieren ihre Funktion schneller, als die Extensoren.

Wenden wir uns speziell zu der Schultermuskulatur, so ergibt sich, daß die Abduktion der Schulter, bewirkt durch Tätigkeit des Trapezius und Latissimus dorsi, gewöhnlich mehr oder weniger erhalten bleibt, natürlich wenn die Paralyse eine unvollständige war; dagegen erscheinen die Aufwärts- und sonstigen Bewegungen der Schulter, welche von der Tätigkeit des Trapezius, des Levator anguli, der Rhomboidei und des Pectoralis abhängen, mehr oder weniger erheblich erschwert.

Mann bestätigt im allgemeinen dieses Verhalten der Extremitätenparalysen bei Cerebralaffektionen, doch betrachtet er die erwähnten Unterschiede der verschiedenen Muskelgruppen vom Standpunkt der

---

[1]) C. Wernicke, Zur Kenntnis der cerebralen Hemiplegie. Berl. klin. Woch. 1889, Nr. 45.

funktionellen Zusammengehörigkeit bestimmter Muskelgruppen.[1]) Beim Gehen z. B. sind im wesentlichen zwei funktionell zusammengehörige Muskelgruppen wirksam: 1. Die Extensoren und Flexoren des Oberschenkels, die Extensoren des Unterschenkels und die Plantarflexoren des Fußes, welche in dem Augenblick zusammenarbeiten, wenn das Bein sich noch mit der Fußsohle auf den Boden stützt und wenn es durch Verlängerung vom Boden erhoben werden soll; 2. Die Flexoren des Oberschenkels, die Flexoren des Unterschenkels sind in der zweiten Phase des Gehens tätig und verkürzen das Bein bei seiner Pendelbewegung nach vorn. Nach der Angabe von Mann bleiben bei den cerebralen Hemiplegien alle Gruppen der Beinmuskulatur, welche die Extremität beim Gehen verlängern helfen, relativ verschont; jene Muskelgruppen dagegen, welche das Bein beim Gehen verkürzen, werden mehr oder weniger auffallend paralytisch im Verlaufe der cerebralen Hemiplegien. Nur die Flexoren des Oberschenkels, welche in der ersten und zweiten Phase des Gehens mitwirken, bleiben mehr verschont, wie auch alle Muskeln, welche in der ersten Schrittphase tätig sind. Diese Ausnahmestellung der Oberschenkelflexoren mag auch darauf beruhen, daß der Rectus femoris gleichzeitig den Oberschenkel flektiert und den Unterschenkel gerade richtet.

Von den übrigen Bewegungen der unteren Extremität werden die Abduktoren stets in höherem Maße affiziert, als die Adduktoren. Mann kommt im Hinblick auf seine Beobachtungen zu dem Schluß, daß die gleichen Unterschiede der Lähmungsintensität auch bei den durch Affektion der Pyramidenbahn bedingten spinalen Paralysen gefunden sind.

Endlich haben die Untersuchungen von Schtschegolew über diesen Gegenstand zu folgenden Resultaten geführt[2]): Bei der cerebralen Hemiplegie werden gewisse Bewegungen bezw. die dazu bestimmten Muskelgruppen entweder garnicht paralysiert oder es tritt, falls dies geschieht, eine vollkommene Restitutio ad integrum mit der Zeit ein. Es gehören hierher: 1. Eine Reihe von Kopfbewegern, Hals- nnd Nackenmuskeln, 2. die Rumpfmuskeln bezw. die Atmungs-, Bauch- und Rückenmuskeln, 3. die Kaumuskeln, 4. die Muskeln des weichen Gaumens, 5. die Beweger der Epiglottis und 6. die Phonationsmuskeln; ferner sind hier zu nennen: 7. die vom oberen Facialis versorgten Muskeln und endlich 8. die Augenmuskeln.

Was den unteren Ast des Facialis, sowie den Hypoglossus betrifft, so findet man bei der cerebralen Hemiplegie für gewöhnlich zwar keine dauernde Paralyse der von diesen Nerven versorgten Muskeln, doch bestand in allen hier beobachteten Fällen eine Parese dieser Muskelgruppen, welche nach Verlauf einer gewissen Zeit in der Mehrzahl der Fälle gänzlich verschwindet und nur in einzelnen Fällen jahrelangen Bestand hat.

Nur selten dagegen findet man die Affektbewegungen des Gesichts

[1]) Mann, Über den Lähmungstypus bei der cerebralen Hemiplegie. Sammlung klin. Vortr. von Volkmann, Nr. 132, Leipzig 1895. — Klinische und anatomische Beiträge zur Lehre von der spinalen Hemiplegie. Deut. Zeitschr. f. Nervenh. 1897, Nr. 10.

[2]) Schtschegolew, Über die Beteiligung der einzelnen Muskelgruppen an den Paralysen und Kontrakturen bei der cerebralen Hemiplegie. Obozrên. psihiatr. 1901. Vgl. auch dessen Inaug.-Dissert. Jena 1900.

ganz unversehrt. Häufiger leiden sie in gleichem Maße, wie alle übrigen zweiseitig innervierten Muskeln.

Im allgemeinen betrifft die Paralyse bei der cerebralen Hemiplegie am stärksten die obere Extremität; in geringerem Grade leidet die untere Extremität; relativ geringe Bewegungsstörungen beobachtet man im Bereiche des unteren Facialis und des N. hypoglossus, wenngleich merkliche Spuren einer bestehenden Parese hier noch nach Verlauf vieler Jahre gefunden sind.

Eine totale cerebrale Paralyse kommt nur im Gebiet der oberen Extremität vor; nie findet man sie an der unteren Extremität; auch an den Muskeln des Untergesichts und der Zunge kommt sie nicht vor.

Alle übrigen Muskelgruppen werden nur selten befallen und auch dann in leichter Form; die betroffenen Bewegungsstörungen gehen mit der Zeit ganz zurück.

Bei der Wiederherstellung des Bewegungsvermögens, welche an der oberen Extremität meist eine unvollständige ist, restituieren sich die Muskelgruppen, welche die obere Extremität rotieren, und zwar rehabilitieren sich ihre Innenrotatoren besser als ihre Außenrotatoren, und ebenso die Flexoren der Hand besser als die Extensoren, die Flexoren der Finger besser als ihre Extensoren. An der unteren Extremität werden gewöhnlich die Flexoren des Oberschenkels und des Knies, sowie die Dorsalflexoren des Fußgelenkes in höherem Grade affiziert, worauf das in solchen Fällen gewöhnliche Nachschleppen des Beines beruht.

Von mancher Seite sind diese Angaben jedoch mit Bedenken aufgenommen worden.

Marinesco äußert die Ansicht, daß die verschiedenen Muskeln unseres Körpers in ungleicher Weise dem Einfluß der Gehirnrinde untergeordnet sind. Die Extensoren und alle sonstigen Muskeln, welche zu Widerstandsbewegungen eingerichtet sind, sollen der Rinde in mehr direkter Weise unterstehen, als die Flexoren.

Clavey findet bei einer Nachprüfung der soeben dargestellten Untersuchungen, daß in Wirklichkeit zwar keine von einem bestimmten Nerv versorgten Einzelgruppen oder Einzelmuskeln bei den cerebralen Paralysen an den Extremitäten paralytisch werden, sondern immer nur ganze Muskelkomplexe leiden; daß aber eine ungleichmäßige Affektion der verschiedenen Muskelkomplexe nicht in dem Sinne stattfindet, wie dies von den vorhin genannten Beobachtern angegeben wird.

Er bestreitet z. B. Mann's Angaben bezüglich der überwiegenden Affektion der Abduktoren der unteren Extremität bei den cerebralen Paralysen.

Nach Clavey's Ansicht handelt es sich hier darum, daß bei den cerebralen Paralysen ein Anwachsen der Bewegungsstörungen in den Extremitäten im Maße des Abstandes ihrer Teile vom Rumpfe zu bemerken ist.[1])

Nach der Annahme v. Monakow's vollziehen sich alle zusammengesetzten Bewegungen durch ein Zusammenwirken vieler kortikaler und subkortikaler Nervenkomponenten von ungleicher Dignität. Die kortikalen Komponenten überwiegen bei den zusammengesetzten Bewegungen,

[1]) Clavey, Récherches cliniques sur les groupes musculaires paralysés dans l'hémiplégie de l'origine cérébrale. Thèse de Paris. 1897.

welche durch Übung und unter Mitwirkung von Gedächtnis und Vorstellungen erworben wurden. Die subkortikalen Komponenten dagegen haben für die Ausführung meist unbewußter Bewegungen, die vielfach bilateral erfolgen, Bedeutung. Es hängt also der verschiedene Zustand der einzelnen Körperteile bei der cerebralen Hemiplegie weniger ab von Besonderheiten am Orte der Affektion, als von präformierten Verhältnissen, welche diese Körperteile und ihre Funktionen einerseits in der Rinde und anderseits in den subkortikalen Gehirnregionen aufweisen.[1])

So z. B. vollführt die Hand von allen Körperteilen die meisten bewußten Bewegungen und gewinnt im Laufe des Lebens eine Übung für zusammengesetzte Funktionen. Sie ist daher in der Rinde und in den Systemen, welche die Rinde mit den subkortikalen Ganglien verbinden, offenbar durch viele Nervenelemente vertreten. Es erscheint daher natürlich, daß eine Affektion, welche die Rinde oder die subkortikale Bahn des Bewegungsapparates betrifft, am stärksten die Bewegungen der Hand beeinträchtigen muß.

Rothmann bringt bezüglich der Störungen bei der Hemiplegie folgende Sätze vor[2]):

Die totale schlaffe Cerebralparalyse ist das Resultat einer kompletten Unterbrechung der absteigenden motorischen Bahnen. So ist es z. B. bei den Affen der inneren Kapsel, wenn die Pyramidenbahn und andere Leitungen von der Rinde zu den Ganglien des Zwischen- und Mittelhirns betroffen sind. Die im Verlaufe der nächsten Wochen sich rehabilitierende aktive Beweglichkeit ist die Folge einer neu erworbenen Selbständigkeit der subkortikalen Centra, welche sie bei den niederen Tieren normaliter haben.

Die vorwiegende Restitution der Handbeuger und Fußstrecker ist leicht erklärbar durch die eigentümliche Ausbildung der menschlichen Muskulatur im Zusammenhang mit der aufrechten Körperhaltung des Menschen.

Die Wiederherstellung der Funktionen dieser Muskeln bei Paralyse der anderen führt konsekutiv zur Entwicklung von Kontrakturen. Die spätere Wiederherstellung der Motilität erfolgt auf Kosten der subkortikalen Centra.

Bei den Menschen ist die Unversehrtheit des Thalamus notwendige Vorbedingung der Bewegungsrestitution. Die Erhaltung des Kleinhirns dagegen ist dafür von keiner großen Bedeutung. — Die Hemmungstheorie wird hier ganz abgelehnt.

2. *Kritik des Vorstehenden.* — Was meine eigene Auffassung dieses Gegenstandes betrifft, so geht sie dahin, daß die graduelle verschiedene Beteiligung der Muskelgruppen an den kortikalen und subkortikalen Paralysen auf bestimmten Verschiedenheiten ihres funktionellen Verhaltens beruht.

Vor allen Dingen findet man Bewegungen, welche eine mehr oder weniger energische Beteiligung der Muskeln beider Seiten erfordern, bei den cerebralen Paralysen gewöhnlich am allerwenigsten betroffen. Dieses beruht auf der bilateralen kortikalen Innervation der betreffenden Muskeln.

---

[1]) Monakow, Nothnagel's Handbuch d. spez. Path. u. Ther. Bd. IX.
[2]) Rothmann, Arch. f. Psychiatr. 1904. Bd. 26.

Andererseits sind die kortikalen Paralysen vorwiegend Paralysen der Sonderbewegungen. Es leiden daher bei den kortikalen Paralysen am wenigsten jene Muskelgruppen, welche in höherem Maße an den reflektorischen, assoziierten und lokomotorischen Bewegungen mitwirken und zugleich weniger zur Ausführung von Sonderbewegungen angepaßt sind. Umgekehrt werden alle Muskelbewegungen, welche an den reflektorischen, assoziierten und lokomotorischen Bewegungen weniger mitwirken und am meisten im Dienste der isolierten Zweckbewegungen stehen, bei den Paralysen am meisten betroffen.

So z. B. wird bei der kortikalen Facialisparalyse der obere Teil des Gesichts nicht affiziert, weil diese Gesichtsregion infolge der zweiseitigen Innervation ihrer Muskeln in ihren beiden Hälften gleichzeitig sich betätigt und hier außerdem die psychischen Bewegungen ihren wichtigsten Ausdruck finden.

Ebenso wird bei der Paralyse der Halsmuskeln der Sterno-cleidomastoideus, welcher den Kopf drehen hilft und an den Reflexbewegungen der Augen und des Kopfes mitwirkt, in der Regel nicht befallen. Wohl aber wird der für den Trapezius bestimmte Accessoriuszweig, wenn auch nicht sehr stark, von der Paralyse bedingt unter Ausbildung eines gewissen Tiefstandes der Schulter. Der zu dem skapularen Abschnitt des Muskels gelangende Nervenzweig, welcher im Dienste der Atmungsfunktion steht, wird dabei nicht wesentlich affiziert.

Im Gebiete der oberen Extremitäten leiden gewöhnlich am wenigsten die Muskeln, welche den Arm im Schultergelenk nach vorn und nach hinten bewegen. Dies beruht offenbar auf der besonderen Mitwirkung dieser Bewegungen an den Lokomotionen. Im übrigen werden am stärksten die Handmuskeln befallen, da sie zur Ausführung von Zweckbewegungen am meisten geschickt sind. Die Flexoren des Vorderarmes, der Hand und der Finger und die Pronatoren des Vorderarmes leiden mehr als die Extensoren des Vorderarmes, der Hand und der Finger und die Supinatoren des Vorderarmes; jene rehabilitieren daher ihre Motilität stets früher, als diese.

Diese Erscheinungen hängen offenbar auch damit zusammen, daß die Muskeln, welche den Arm im Schultergelenke abduzieren sowie die Flexoren und Pronatoren des Vorderarmes mehr an den Einzelbewegungen mitwirken, als die Adduktoren des Armes im Schultergelenk, die Extensoren und die Supination des Vorderarmes.

Was die kortikalen Beinparalysen betrifft, so kann auch hier das ungleichmäßige Befallensein der Muskeln darauf zurückgeführt werden, daß die Beuger des Unterschenkels, die Kniestrecker und die Plantarflexoren für die Lokomotion überwiegende Bedeutung haben, weshalb sie weniger als die übrigen Muskeln leiden, während die Knieflexoren und die Dorsalflexoren des Fußes, sowie die Abduktoren und Adduktoren des Fußes entsprechend ihrer größeren Eignung zu Einzelbewegungen, lebhafter befallen erscheinen.

Der gleichen Regel, wie die Paralysen, folgen im allgemeinen auch die Kontrakturen. Frei von Kontrakturen bleiben die Gesichtsmuskeln (in einem Fall sah ich übrigens eine merkliche Gesichtskontraktur als Folge cerebraler Paralyse), sowie die Hals- und Nackenmuskeln, die Heber der Schulter, die Abduktoren und Außenrotatoren. Dagegen weisen die Abduktoren in $^2/_3$ der Fälle Kontrakturen auf, ebenso sind

ziemlich häufig (in $^1/_3$ der Fälle) die Flexoren des Vorderarmes von Kontrakturen befallen. Auch die Pronatoren des Vorderarmes zeigten Kontrakturen häufig. Etwas geringer ist ihre Häufigkeit bei den Vorlarflexoren der Hand; etwas häufiger dagegen sind die Kontrakturen der Fingerbeuger einschließlich des Daumens, insbesondere der Beuger der letzten Phalange; die Fingerstrecker weisen äußerst selten Kontrakturen auf. Garnicht von Kontrakturen befallen sind die Adduktoren und Abduktoren der Finger.

An den unteren Extremitäten werden im Bereiche sämtlicher Gelenke ausschließlich die Extensoren und auch diese nur in geringem Grade mit Kontrakturen behaftet gefunden.

Nach meinen Erfahrungen kommen bei den cerebralen Paralysen Beinkontrakturen, welche wie gesagt die Extensoren betreffen, weitaus nicht selten zur Beobachtung. Ich traf sie in meinen Fällen unter allen Umständen nicht nur vereinzelt an, wie dies Schtschegolew angibt, wenn sie hier auch viel seltener vorkommen, als an den oberen Extremitäten.

Was die Ursachen der ungleichmäßigen Beteiligung der verschiedenen Muskelgruppen betrifft, so sind für die von Kontrakturen unbefallenen Muskeln offenbar Rindencentra vorauszusetzen, welche die Motilitätsstörungen vollkommen kompensieren, und für Muskeln, welche schneller als andere ihr Bewegungsvermögen wiedergewinnen, müssen Rindencentra vorhanden sein, die die Bewegungsstörungen hier wenigstens zu einem größeren Teil kompensieren, als die entsprechenden Störungen im Bereiche anderer Muskelgruppen.

Diese Kompensation kann zufolge den experimentellen Ermittelungen ausgehen sowohl von den Rindencentren der anderen Hemisphäre, als auch von benachbarten Rindencentren der gleichen Hemisphäre. Nicht zu leugnen ist außerdem, daß in gewissen Zeiten auch die Rindencentren sich an den Muskelbewegungen in ungleichem Maße beteiligen. Gewisse Bewegungen können ausschließlich kortikal bedingt sein, wie z. B. die Willkürbewegungen; andere Bewegungen stellen sich als Psychoreflex dar, in welchem Fall die Psyche sich vermittelst der Rindencentra nur der reflektorischen Bewegungsmechanismen als präformierter Koordinationscentren bedient. So ist es z. B. bei den Bewegungen des Lachens, die sich unter Betätigung subkortikaler Centra vollziehen, obwohl der erste Antrieb dazu von der Gehirnrinde ausgeht.

Es versteht sich von selbst, daß eine Rehabilitierung der gestörten Motilität in diesem Fall nicht ohne eine Beteiligung subkortikaler Centra sich vollziehen kann.

Es kommen somit für die Kompensation der alterierten Motilität beim Menschen sowohl, wie bei den Tieren drei Faktoren in Betracht:

1. Die Tätigkeit analoger Centra der anderen Hemisphäre;
2. die Tätigkeit benachbart gelegener Centra der gleichen Hemisphäre, und
3. die Tätigkeit der subkortikalen Gehirncentra.

b) Die fernere Zergliederung der Gehirncentra bei dem Menschen.

In gewissen Fällen beobachtet man bei Affektionen der Gehirnrinde partielle Paralysen der unteren und oberen Extremitäten. Dies

deutet unzweifelhaft auf das Bestehen getrennter Centra für die Muskelgruppen der Extremitäten, welche im Dienste der Zweckbewegungen stehen. So z. B. beobachtete Proisier in einem Fall anfangs eine Paralyse der Extensoren der Hand, welche dann in eine Monoplegie der Hand überging. In einem von Hahn berichteten Fall handelte es sich um eine Paralyse der drei radialen Finger, in Martins Fall um Paralyse des Facialis und Medianusgebietes, in Piek's Fall bestand neben Aphasie eine Paralyse der Extensoren der rechten Hand ohne Muskelatrophie und Entartungsreaktion.

Alle diese Befunde bezeugen das Bestehen einer feineren Gliederung der Rindencentra des Menschen in gleichem Sinne, wie dies im Experiment, namentlich in Beziehung auf das Gehirn der Affen, zu Tage tritt.

Einige neuere Beobachter eruieren in mehr oder weniger genauer Weise diese feineren Lokalisationsverhältnisse der Rindencentra für die Gliedmaßen der entgegengesetzten Körperhälfte.

In dieser Hinsicht handelt es sich zunächst um jene Fälle, welche eine Ermittelung der Lokalisationsverhältnisse der einzelnen Muskeln der Hand ermöglichen.

Bekanntlich hat schon Exner auf Grund statistischer Zusammenstellungen darauf hingewiesen, daß dem Centrum für den Daumen eine gewisse Selbständigkeit zukommt und daß es den alleruntersten Teil des Centrums für die oberen Extremitäten okkupieren soll.

Für eine solche Selbständigkeit des Daumencentrums spricht analog den vorhin dargelegten Versuchsergebnissen an Affen auch eine Beobachtung von Lepine, betreffend einen Kranken mit kortikaler Paralyse des Armes und der vier ulnaren Finger, aber ohne Paralyse des Daumens.[1])

Ferner berichtet die Literatur über mehrere Fälle von Rindenepilepsie, wobei zuerst Kontraktionen der Daumenmuskeln mit bestimmter Lokalisation im Gebiete des Daumencentrums auftraten. Hierher gehört u. a. ein von Horsley mitgeteilter Fall, betreffend einen Kranken mit Rindenepilepsie, die immer wieder mit Daumenkrämpfen einsetzte. Es handelte sich um einen Tuberkel, welcher auf der Gehirnoberfläche an der Stelle saß, welche dem Centrum des Daumens am Gehirn der Affektionen entsprach.

Einen bemerkenswerten Fall von kortikaler Reizung des Centrums des Daumens, der Zunge und des Gesichts schildert Fetter.[2])

Anämischer Knabe, 9 a. n., erkrankte am 29. Oktober 1886 mit Erscheinungen allgemeiner psychischer Unruhe. Zittern beim Schreiben, Zuckungen des linken Mundwinkels und der Finger der linken Hand, welche bald gebeugt, bald gestreckt wurden, so daß der Knabe einen Gegenstand damit nicht ergreifen konnte. Am 4. November ward Pat. bettlägerig, man fand eine Parese des linken Facialis, des linken Armes und des linken Beines, zugleich bestand Somnolenz, Temperatur 38°. Mit kurzen Intervallen erfolgten Zuckungen der linken Mundhälfte, wobei der Mund bald gerade nach oben (M. levator labii superioris), bald schräg nach unten und außen (M. triangularis) verzogen wurde, gelegentlich fielen beide Bewegungen zusammen und dann erfolgten Zuckungen des linken Mundwinkels. In anderen Zeiten gingen die Krämpfe auf die Ohrmuskeln über, wobei das linke Ohr in rhythmischer Weise stark nach hinten verzogen wurde; zugleich zog sich die Stirnhaut stark nach oben, dann nach unten zusammen; auch die Kaumuskeln (Masseter) spannten sich dabei ein

[1]) Lepine, Revue mens. Juni 1885.
[2]) A. Fetter, Deutsches Arch. f. klin. Med. 1894. Bd. 5.

wenig. Die Zunge wurde bald eingezogen, bald unter Verschmälerung und Dickenzunahme (Kontraktionen der queren Muskelzüge) vorgestreckt, bald wieder rückwärts bewegt, und dies ging so stundenlang weiter. Am linken Arm zeigte nur der Daumen rhythmische Kontraktionen. Es trat schließlich Bewußlosigkeit ein und am 9. November starb der Kranke. — Man diagnostizierte eine Encephalitis im Bereiche des unteren Drittels der Centralwindungen bis zum Knie des Sulcus Rolandicus. — Die Sektion ergab Encephalitis des mittleren Drittels der Centralwindungen. Die Encephalitis bedingte in diesem Fall offenbar einen Ausfall des Armcentrums und einen Reizungszustand in den benachbarten Centren für den Daumen, die untere Gesichtsregion, die Zunge und das Ohr.

Was das Centrum für die Extension der Hand betrifft, so weisen die klinischen Erfahrungen von Raymond, Mahon, Bergmann u. a. in Übereinstimmung mit der Lokalisation dieses Centrums bei den Affektionen im vorderen Teil des Armcentrums auf eine analoge Lokalisation desselben bei den Menschen hin. Daher verlegt Jastrowitz das Centrum für die Streckbewegungen der Hand in die vorderen Centralwindungen vis-à-vis der mittleren Stirnwindung.

Bezüglich der Centra für die Muskeln der unteren Extremitäten haben wir schon früher erfahren, daß nach den Untersuchungsbefunden von Horsley auch bei den Affektionen ein besonderes Centrum für den Daumen vorliegt. Dieses Centrum liegt bei Macacus unter dem oberen Ende der Rolando'schen Furche im Bereiche beider Centralwindungen und ebendaselbst bei dem Orang im Bereiche der vorderen Centralwindungen.

Auch am menschlichen Gehirn muß ein für sich bestehendes solches Centrum vorhanden sein. Dafür spricht u. a. ein von Jastrowitz gemeldeter Fall betreffend einen Kranken mit langdauerndem isoliertem Krampf der rechten Großzehe, bedingt durch einen bohnengroßen Tumor, welcher auf der linken vorderen Centralwindung 4 cm unterhalb der Längsspalte des Gehirns saß.

Eine analoge Bedeutung hat der von Péan berichtete Fall, betreffend einen trepanierten Kranken mit Rindenepilepsie, welche an der rechten Großzehe einsetzte; Péan entfernte in diesem Fall ein an entsprechender Stelle sitzendes Fibromyom der weichen Hirnhaut mit Ausgang in Genesung.

Endlich gehört hierher eine Beobachtung von Horsley, wo die am Zeh einsetzenden Rindenkrämpfe aufhörten, als man eine Narbe im oberen Teil der vorderen Centralwindung exzidiert hatte.[1])

Die soeben angeführten Beobachtungen bezeugen — dies sei bei dieser Gelegenheit angemerkt — nicht nur das Bestehen einer ins einzelne gehenden Lokalisation im Gebiete der Hirnrinde, sondern auch das häufige Zusammentreffen von Reizungs- und Lähmungssymptomen bei den Rindenaffektionen, ein Verhalten, welches für die Diagnose derartiger Fälle nicht bedeutungslos ist.

1. Die Folgeerscheinungen der Reizung der motorischen Rindencentra des Menschen.

Große Bedeutung für die Ermittelung der feineren Lokalisationsverhältnisse der kortikalen Bewegungscentra des Menschen haben die vorhandenen Untersuchungsbefunde über die Erregbarkeit der menschlichen

---

[1]) Horsley, Int. journ. of med. science. April. 1887.

Gehirnrinde mittels des elektrischen Stromes in Fällen von operativer Behandlung der Epilepsie.

α) *Literarische Übersicht.* — Die erste Untersuchung über Reizung der Gehirnrinde des Menschen wurde von dem Amerikaner Dr. Bartholow nicht zu chirurgischen Zwecken unternommen. Es handelte sich um ein Frauenzimmer mit einem Karzinom, welches den Parietalteil des Schädeldaches usuriert hatte. Bei der Reizung der bloßliegenden Gehirnoberfläche ergab sich, daß man bei dem Menschen durch Reizung der Region der Centralwindungen ebenso wie bei den Tieren Gliedmaßenbewegungen erzielen kann, und daß die Krämpfe bei andauernder Reizung dieses Gebietes in einen epileptischen Anfall übergehen können. Außer diesem allgemeinen Ergebnis lieferte dieser Fall, welcher bekanntlich ein trauriges Ende nahm, kein anderes Resultat. Zudem war dieses Ergebnis im Grunde selbst für die damaligen Verhältnisse nicht neu, da man nach den häufig vorkommenden Fällen von kortikaler oder partieller Epilepsie nicht zweifeln konnte, daß sich an der Oberfläche der menschlichen Gehirnrinde eine ebenso stromerregbare Zone finden möchte, wie sie bei den Tieren direkt nachweisbar ist.

Weitaus lehrreicher erscheinen in dieser Beziehung natürlich die späteren Ermittlungen von Ferrier, Horsley u. a. Ferrier schildert vier Fälle von Reizung der Gehirnrinde des Menschen bei Gelegenheit operativer Eingriffe an Epileptikern.[1]) Er kommt im Hinblick auf die dabei beobachteten Erscheinungen zu dem Satz: Die Wirkung der Rindenreizung bei dem Menschen harmoniert in erstaunlicher Weise mit den Wirkungen der elektrischen Reizung der Affenrinde. Ferrier zieht daraus den weiteren Schluß, daß die funktionellen Eigenschaften der menschlichen Gehirnrinde im ganzen und großen mit den funktionellen Eigenschaften der Gehirnrinde der höheren Primaten identisch sind.

Horsley berichtet über sechs analoge Fälle von Rindenreizung beim Menschen. Zwei davon gebe ich hier in kurzem Auszuge wieder:

In dem einen Fall untersuchte Horsley bei einem Knaben, welcher an Epilepsie litt, das Gebiet des rechten Facialis mit faradischen Strömen, die auf der Zungenoberfläche eine ganz deutliche Empfindung hervorriefen. Er erzielte dabei nur an der kontralateralen Gesichtshälfte Bewegungen von Punkten aus, welche ganz isoliert von einander lagen.

In dem zweiten Fall betraf die Untersuchung einen Erwachsenen, der seit 39 Jahren an partieller Epilepsie litt. Die Anfälle setzten ein mit einer präliminären Aura an der linken Hand und linken oberen Extremität, dann wurde diese Extremität unter Streckung der Schulter gehoben, sodann gingen die Krämpfe auf die untere Extremität und auf das Gesicht hinüber und schließlich erschienen sie in schwächerem Grade an der rechten Rumpfhälfte. Bei der vorgenommenen Operation wurde das Rindengebiet der oberen Extremität bloßgelegt. Die ersten Bewegungen traten am Daumen auf bei einer Stromstärke, welche auf der Zungenoberfläche eine deutliche Schmerzempfindung erzeugte. — Mit dem Strom wurde ferner untersucht das hintere Ende der oberen Stirnfurche, ein kleiner Teil der hinteren Centralwindung und ein großer Teil der vorderen Centralwindung nebst einem kleinen angrenzenden Bezirk der oberen und mittleren Stirnwindung. Ein eigentliches Re-

[1]) S. Verhandlungen des Internat. Medizin. Kongresses zu Berlin.

sultat erhielt man aber nur bei der Reizung der vorderen Centralwindung.

Die Wirkung der elektrischen Reizung der vorderen Centralwindung war in der Richtung von oben nach unten folgende:

Dicht über dem Niveau der oberen Stirnfurche ergab die Reizung Adduktion der Schulter, Streckung der unteren Extremität mit Pronation der Hand. Die Reizung dicht unterhalb der vorigen Stelle ergab Beugung sämtlicher Finger, Streckung des Handgelenks und Bewegungen des Vorderarmes. Noch weiter abwärts erhielt man Beugung sämtlicher Finger, Streckung des Handgelenks und Pronation. Die folgende Reizung ergab Flexion des Zeigefingers; endlich die letzte Reizung eine leichte Abduktion des Daumens und Annäherung desselben an die Vola manus.

Auf spätere hierbezügliche Mitteilungen anderer Autoren gehe ich hier nicht näher ein.

Ich will hier nur bemerken, daß Lamácq sämtliche vorhandenen Fälle von chirurgischer Aufdeckung der motorischen Zone des menschlichen Gehirns (vorwiegend aus der amerikanischen Literatur) zusammengestellt hat, wo Anhaltspunkte über die feineren Lokalisationsverhältnisse der Bewegungscentra gewonnen werden konnten.[1]) Man gelangte auf solche Weise zur Darstellung besonderer Centra für die einzelnen Bewegungen der Lippen, der Augen, des Daumens, des Ellbogens usw. Eine besonders feine Zergliederung weist das Rindenfeld für die oberen Extremitäten auf. Man darf jedoch nicht vergessen, daß in dieser Beziehung sehr erhebliche individuelle Schwankungen obwalten, sodaß ein definitives Schema dieser Verhältnisse erst in Zukunft an der Hand eines größeren Materials wird geliefert werden können.

β) Eigene Beobachtungen. — Zu der vorliegenden Frage mögen hier noch einige von meinen eigenen Beobachtungen kurz angeführt sein.[2])

In dem ersten Fall, wo wegen partieller Epilepsie operiert wurde, handelte es sich um einen 13jährigen Knaben, bei welchem die epileptischen Anfälle mit Rotation des Kopfes und der Augen nach rechts einsetzten, worauf Krämpfe des Armes, des Gesichts und des Beines folgten und bei größerer Lebhaftigkeit des Anfalles sogar allgemein wurden.

Zunächst eröffnet wurde bei der Operation der ganze hintere Abschnitt der zweiten Stirnwindung. Die Reizung dieser Stelle ergab eine deutliche Wendung des Kopfes und der Augen nach der entgegengesetzten Seite, ganz wie im Beginn der epileptischen Anfälle. Durch Reizung des unteren Abschnittes der vorderen Centralwindung erzielte man Kontraktionen der Gesichtsmuskeln. Die vorgenommene Erweiterung des Operationsfeldes ermöglichte eine Untersuchung des angrenzenden Teiles der vorderen Centralwindung. Bei der Reizung dieser Stelle mit dem elektrischen Strom erhielt man von der zweiten Stirnwindung aus Muskelkontraktionen des kontralateralen Daumens, welche bei Zunahme

---

[1]) Lamácq, Les centres moteurs corticaux du cerveaux humain. Arch. clin. de Bordeaux 1897. Nr. 11, 12.

[2]) Ein Teil davon wurde in der Abhandlung „Über die Lage der Bewegungscentra der Gehirnrinde des Menschen“ im Nevrolog. vêstn. 1899, Bd. 7, H. 3 veröffentlicht; ein anderer Teil dieser Beobachtungen gehört einer späteren Zeit an.

der Stromstärke auf die übrigen Finger dieser Hand und selbst auf den Vorderarm übergriffen.

In einem anderen Falle, wo die Operation bei einem erwachsenen Mann wegen beständiger klonischer Krämpfe der rechten Körperhälfte, die namentlich am rechten Arm hochgradig waren, vorgenommen wurde, legte man den unteren Teil der vorderen Centralwindung und den hinteren Abschnitt der zweiten Stirnwindung bloß. — Die Reizung der zuerst genannten Stelle lieferte konstant Kontraktionen der kontralateralen Gesichtshälfte. Bei der Reizung des hinteren Abschnittes der zweiten Stirnwindung beobachtete man eine Deviation der Augen und des Kopfes nach der entgegengesetzten Seite. Da man jedoch in diesem Fall das Centrum der oberen Extremität und namentlich das Rindenfeld für die Finger und für die Hand erreichen mußte, wo bei dem Kranken die lebhaftesten Krämpfe bestanden, so erweiterte man die Trepanationsöffnung in der Richtung nach oben bezw. nach innen. Darauf erzielte man auf der vorderen Centralwindung über dem vorhin erwähnten Centrum der Gesichtsmuskeln Kontraktionen des kontralateralen Daumens und noch höher oben Kontraktionen der Muskeln der unteren Extremität.

In einem dritten Falle wurde ein 16jähriger Knabe wegen beständiger Krämpfe operiert, welche zeitweilig in epileptische Krämpfe ausarteten. Man legte bloß den mittleren Teil der Centralwindungen, wo der Übergang in das untere Drittel stattfindet, sowie ein Stück vom oberen Abschnitt der vorderen Centralwindung und endlich den hinteren Teil der ersten Stirnwindung. Bei der Stromapplikation erhielt man von den obersten Stellen des bloßgelegten Rindenfeldes deutliche Kontraktionen der Muskeln der kontralateralen Rumpfseite. Die Reizung der mittleren Abschnitte der Centralwindungen ergab verschiedenartige Bewegungen der kontralateralen oberen Extremität im Bereiche des Ober- und Vorderarmes. Endlich erzielte man bei der Reizung der unteren Abschnitte der Centralwindungen auffallende Kontraktionen der Gesichtsmuskeln.

In einem vierten, wegen partieller Epilepsie operierten Fall gelangte man an den oberen Teil beider Centralwindungen. Hier bewirkte die Reizung des allerobersten Abschnittes des bloßgelegten Rindenfeldes Bewegungen des kontralateralen Beines, die Reizung des obersten Teiles der vorderen Centralwindung $1-1^1/_2$ cm von der Pfeilnaht ergab Bewegungen des Fußes nach innen auf der dem Reize entgegengesetzten Seite. Nach vorne von diesem Centrum erhielten wir Kontraktionen der Halsmuskeln und Bewegungen des Vorderarmes. Weiter nach unten bezw. außen von der vorigen Stelle erzielte die Reizung der Stelle in der Nähe der Rolando'schen Furche Opposition des Daumens und Beugung des Zeigefingers

Mehrere andere von mir untersuchte analoge Fälle bestätigen im großen und ganzen die Befunde, die in den soeben dargelegten Fällen erhalten wurden. Auch in meinen Fällen wies das Rindenfeld der oberen Extremitäten einen hervorragend hohen Grad von Differenzierung auf.

In einer meiner hierbezüglichen Beobachtungen blieb sowohl die Reizung, wie auch die ausgedehnte Abtragung der Rindenoberfläche im Gebiete des oberen Abschnittes der hinteren Centralwindung ohne jeden

Einfluß auf die Motilität. In anderen Fällen blieb auch die mäßige Reizung der unteren Teile der hinteren Centralwindung erfolglos.

In mehreren Fällen erhielt ich bei der Reizung der motorischen Zone des Menschen das Bild der partiellen Epilepsie in Gestalt von Krampfanfällen, wie sie auch Horsley in seinen Fällen antraf.

Das Gesamtergebnis aller dieser am Menschen gewonnenen Befunde bezeugt, daß die Centra der unteren Extremität bei den Menschen ebenso wie bei den höheren Affen den oberen Abschnitt der vorderen Centralwindung okkupieren. Die Centra der oberen Extremität finden sich unterhalb der vorigen im Bereiche der vorderen Centralwindung. Weiter abwärts schließen sich daselbst beim Menschen die Centra für den Daumen und für die übrigen Finger an. Endlich finden sich die Centra für die Gesichtsmuskeln im unteren Abschnitte der vorderen Centralwindung unterhalb der Centra für die untere Extremität.

Deviation der Augen und des Kopfes erzielt man, wie bei den Affen, vom hinteren Abschnitt der zweiten Stirnwindung.

Die Centra für die Kontraktionen der Rumpfmuskeln finden sich nach diesen Untersuchungen am oberen Teil der vorderen Centralwindung im Gegensatze zu den Angaben anderer Beobachter, welche dasselbe Centrum auf die Medianfläche der Hemisphäre vis-à-vis dem oberen Ende der vorderen Centralwindung verlegt wissen wollen. Ich habe übrigens erkannt, daß dieses Centrum bei den Affen auf der lateralen Fläche der Hemisphäre entsprechend dem oberen Abschnitte der vorderen Centralwindung seine Lage hat.

Bei dem Menschen finden sich so gut wie bei den Affen nach meinen Ermittlungen wohl differenzierte Centra für den Daumen und für die übrigen Finger. Sie liegen unterhalb der anderen, die obere Extremität innervierenden Centren.

In einem meiner Fälle gelang es, wie ich bei dieser Gelegenheit kurz bemerken will, vom hinteren Abschnitt der zweiten Stirnwindung aus einen echten inspiratorischen Tetanus auszulösen. Dies deutet auf das Vorkommen eines besonderen Inspirationscentrums in dieser Region des menschlichen Gehirns, entsprechend dem analog sich verhaltenden Centrum der Affen.

Die von der Rinde des Menschen erzielbaren Bewegungen weisen in allen Fällen ohne Ausnahme alle Charaktere von Bewegungen auf, die eine bestimmte funktionelle Bedeutung haben, ein Verhalten, das ja in gleicher Weise auch für die Rinde des Tiergehirns gilt.

Man findet auch beim Menschen die erregbaren Teile der Gehirnrinde von einander durch weniger erregbare Rindenstreifen getrennt. Oft liegen zwischen ihnen auch Zonen, welche bei mäßiger Stromstärke sich als gänzlich unerregbar herausstellen.

Das gesamte im vorherigen dargelegte Befundmaterial drängt unbedingt zu dem Satz, daß bezüglich der Folgeerscheinungen der Reizung der Centralwindungen und der angrenzenden Stirnwindungsfelder Unterschiede zwischen dem Menschen und den höheren Affen nicht bestehen. Einige Bewegungen findet man beim Menschen übrigens auf einer weiter fortgeschrittenen Stufe der Differenzierung.

8. Die Rolle der motorischen Centra der Gehirnrinde.

Wenn wir uns nun zu der Frage wenden, welche Bedeutung man den motorischen Centren der Gehirnrinde beimessen soll, so ist in dieser Beziehung die von einigen Forschern festgehaltene Vorstellung zu beachten, daß die motorischen Rindencentra in Wirklichkeit nichts anderes sind als sensible Rindenfelder.

Es war schon früher bemerkt worden, daß die Bewegungsalterationen, welche sich an Zerstörungen der Rindencentra im Bereiche des Gyrus sigmoideus bezw. der Centralwindungen anschließen, nicht auf Störungen der Sensibilität zurückführbar sind; daß die Sensibilitätsstörungen für gewöhnlich vor den Bewegungsstörungen verschwinden; und endlich, daß in Fällen von geringfügiger Beschädigung der motorischen Rindencentra der Tiere merkliche Bewegungsalteration bei Fehlen von Störungen seitens der sensiblen Sphäre vorhanden sein können.

Es können auch ganze Reihen klinischer Beobachtungen angeführt werden, aus welchen zur Evidenz hervorgeht, daß in Fällen von Affektionen der motorischen Rindencentra Störungen der Motilität ohne jegliche Beeinträchtigung der Sphäre der Sensibilität bestehen können. Die Literatur berichtet über zahlreiche Fälle, wo bei Affektionen der motorischen Rindencentra trotz hochgradig ausgeprägter Paralyse der kontralateralen Körperhälfte gar keine sensiblen Störungen gefunden werden.

Einige Autoren haben in Fällen kortikaler Paralysen sorgfältige Sensibilitätsprüfungen durchgeführt. Das Resultat war ein negatives. Schon Charcot hat es betont, daß bei den Affektionen der motorischen Zone der Gehirnrinde häufig keinerlei sensible Störungen nachweisbar sind. Ich selbst kann mich auf meine früher veröffentlichten Fälle von Erkrankungen der motorischen Rindenzone berufen, wo ebenfalls die minutiöse Prüfung der Sensibilität total negativ ausfiel.

In allen diesen Fällen handelt es sich entweder um alte Affektionen, wo die sensiblen Störungen zum großen Teil einen Ausgleich erfahren konnten, oder um pathologische Affektionen, welche mehr oder weniger circumskript subkortikalen Sitz hatten.

In der Tat kann man auch bei der operativen Abtragung der motorischen Rindencentra auf Fälle stoßen, wo die anfänglich mit den paralytischen Erscheinungen nebenhergehenden Sensibilitätsstörungen mit der Zeit ihre Ausgleichung finden, während die Bewegungsstörungen längere Zeit bestehen bleiben.

Auf jeden Fall finden diese Beobachtungen eine ungezwungene Erklärung in der Auffassung, daß in den Centralwindungen neben sensiblen auch motorische Centra vorhanden sind. Beide liegen nur in nächster Nachbarschaft von einander, sind aber nicht identisch mit einander.

Walton und Paul schildern im Bereiche der Centralwindungen besondere Zellschichten für die Sensibilität und andere Zellschichten für die Bewegungsaffektionen. Jene vermutet man in den oberflächlichen Rindenlagen.[1]) Da jedoch Fälle vorkommen, wo bei Affektionen

---

[1]) Walton and Paul, Contribution to the Study of the cortical sensory areas. Brain. 1901.

der Centralwindungen nur die Sensibilität gelitten hatte, und andere Fälle, wo nur motorische Störungen bestehen, so scheint es mir, daß es sich hier nicht um eine schichtweise Trennung der Affektionen handelt, sondern um eine topographische Abgrenzung derselben. Darauf weist auch die Tatsache hin, daß die hier vorkommenden Riesenzellen, welche zweifellos die Bewegungsaffektionen vertreten, nicht diffus, sondern herdweise verteilt sind.

Wir sahen vorhin, daß die Bewegungscentra, von welchen hier die Rede ist, hauptsächlich den Zweckbewegungen vorstehen, denn diese Bewegungen erlöschen nach dem Verlust der Rindencentra im Bereiche des Gyrus sigmoideus bezw. der Centralwindungen.

Unter den Begriff der Einzelbewegungen oder Zweckbewegungen fallen jene Bewegungen, bei welchen die betreffenden Gliedmaßen eines Tieres im Sinne von Werkzeugen (wie z. B. unsere Hand) gebraucht werden. Sie erscheinen als eine Kombination elementarer Muskelkontraktionen von bestimmter Stärke und bestimmter Reihenfolge. Diese Kontraktionen liefern schließlich eine bestimmte Zweckbewegung, welche auf ein bestimmtes Ziel gerichtet erscheint. Die Richtung dieser Bewegungen ist bedingt einerseits durch die Form des betreffenden Gelenkes, andererseits durch die Ursprungs- und Insertionsverhältnisse der dabei beteiligten Muskeln. Für die Verwirklichung dieser Bewegungen sind schon im Rückenmark bestimmte Nervenmechanismen gegeben. In der Rinde finden wir nun die Leitungen, welche jene Mechanismen in Aktion versetzen.

Weit verbreitet ist die Meinung, daß diese Centra, auf welche es hier ankommt, willkürlicher Natur sind.

Je mehr eine Muskelgruppe oder ein Glied dem Einfluß des Willens unterworfen ist, bemerkt Obersteiner, um so ausgiebiger ist es in der Gehirnrinde vertreten. Je mehr dagegen eine Muskelgruppe ohne Beteiligung des Bewußtseins, also reflektorisch funktioniert, um so loser ist ihr Zusammenhang mit der Rinde, um so weniger Raum ist ihr dort gewährt.

Seitdem wir aber von der großen Anzahl der kortikalen Reflexcentra Kenntnis haben, kann diese Auffassung wohl kaum im vollen Umfange aufrecht erhalten werden.

Die Ansicht, daß die motorischen Rindencentra Centra der willkürlichen Bewegungen darstellen, stützt sich auf die Voraussetzung, daß die Einzelbewegungen zur Erfüllung willkürlicher Impulse dienen. Da aber Einzelbewegungen, wie wir wissen, auch unter dem Einflusse gänzlich unwillkürlicher Impulse sich vollziehen, so ist es ein offenbarer Irrtum, die motorischen Rindencentra der Centralwindungen des Gehirns als ausschließlich willkürliche Centra anzusehen. Um einer sehr bedingten, der subjektiven Psychologie entlehnten Terminologie hier aus dem Wege zu gehen, scheint es mir richtiger, die motorischen Rindencentra zu betrachten als Centra, welche vorwiegend im Dienste der Zweckbewegungen stehen; die Frage, ob diese Bewegungen auf willkürliche oder auf unwillkürliche Weise sich vollziehen, läßt man dabei vorläufig ganz offen dastehen.

Andererseits nehmen manche Forscher an, daß in der motorischen Rindenzone besondere psychische Centra vorhanden sein sollen,

(Adamkiewicz) oder Centra der motorischen Vorstellungen. Man will damit die Erscheinungen der motorischen Paralyse bei der Zerstörung der Rinde der Centralwindungen erklären. Ich kann mich dieser Auffassungsweise indessen nicht anschließen, da man in pathologischen Fällen von kortikaler Bewegungsparalyse einen Verlust der motorischen Vorstellungen nicht findet. Im Gegenteil, solche Kranken wissen sehr wohl, wie und welche Bewegungen zu machen sind; allein sie können die Bewegung selbst nicht ausführen. Hier handelt es sich also offenbar um eine echte Paralyse der Motilität, nicht aber um einen Verlust der motorischen Vorstellungen. Hätten wir bei derartigen Kranken einen Verlust der motorischen Vorstellungen, dann könnten sie überhaupt kein Glied rühren, abgesehen von den Reflexbewegungen, ein Zustand, wie man ihn bei Hysterikern beobachtet, die an echter psychischer Paralyse leiden. Bei allen organischen Paralysen kortikalen Ursprunges findet sich eine partielle Affektion des Bewegungsvermögens der Glieder, nur selten mit einer Erhöhung der Sehnenreflexe verbunden.

Ich finde also keinen Grund zu der von Munk, Hitzig und einigen anderen festgehaltenen Annahme von Centren der motorischen Vorstellungen in der Rinde der Centralwindungen. Ich betrachte diese Centra vielmehr als echte Bewegungscentra, die besondere abführende Leitungen aus sich hervorgehen lassen, durch welche die verschiedenen Einzelbewegungen schließlich ihre Verwirklichung finden.

Zur Stütze dieser Auffassung ist u. a. die Tatsache geeignet, daß von der Region der Centralwindungen aus, wie wir später sehen werden, auch Impulse für die sekretorischen Funktionen der inneren Körperorgane ausgehen, deren Tätigkeit unter normalen Verhältnissen bekanntlich in einer unbewußten Sphäre sich vollzieht und für welche in der psychischen Tätigkeit keine besonderen Vorstellungen zur Ausbildung gelangen.

Immerhin wird kein urteilsfähiger Beobachter die Bedeutung der motorischen Bilder für die Erfüllung der psychisch bedingten Bewegungen in Abrede stellen wollen. Man darf sogar annehmen, daß die motorischen Bilder jene Bewegungen anregen, welche zur Kategorie der beabsichtigten Bewegungen gehören. Nichts destoweniger unterliegt es keinem Zweifel, daß die Abtragung der motorischen Zone der Gehirnrinde nicht einen Verlust der motorischen Bilder herbeiführt.

Andererseits regt die Reizung der motorischen Centra bei dem Menschen Bewegungen an, ohne vorher ein motorisches Bild ausgelöst zu haben.

Man ersieht aus allem dem, daß es sich hier im Bereiche der Rinde der Centralwindungen um echte Bewegungscentra handelt, nicht aber um Centra der motorischen Vorstellungen. Solche Vorstellungscentra müssen außerhalb des motorischen Rindenfeldes, wenn auch in deren nächster Nachbarschaft, gesucht werden.

a) Die motorische Aphasie und Agraphie und ihre Lokalisation.

Die Existenz besonderer Rindenregionen, in welchen motorische Bilder aufgespeichert und festgehalten werden, geht mit Sicherheit aus einer ganzen Reihe klinischer Erfahrungen hervor.

1. Das motorische Sprachcentrum.

Zu den am besten studierten Centren motorischer Bilder gehört die allgemein bekannte Broca'sche Windung (Fig. 288). Sie funktioniert im wesentlichen als Centrum der motorischen Wortbilder.

Die artikulierte Sprache wird bekanntlich im Wege langdauernder Übung und Erfahrung erworben. Sie bildet in dieser Beziehung eine Reihe erlernter assoziierter Zungen-, Lippen-, Gaumen- und Kehlkopfbewegungen analog jenen erlernten Bewegungen, welche wir fortwährend mit den Extremitäten, namentlich mit der oberen, ausführen bei den verschiedenen technischen Manipulationen, so z. B. beim Klavierspiel, beim Gebrauche des Löffels, der Gabel, beim Zuknöpfen der Kleider usw.



Fig. 288.
Schematische Darstellung der Oberfläche des menschlichen Gehirns. Die Lage des Broca'schen Centrums im hinteren Abschnitt der dritten Stirnwindung (F_3) ist durch parallele Strichelung hervorgehoben.

In dieser Beziehung erscheint die artikulierte Sprache, analog der soeben angeführten Bewegungen der menschlichen Hand, als eine Summe willkürlich-automatischer Bewegungen, welche durch beständige Übung erlernt werden. Von anderen willkürlichen Bewegungen sind diese speziellen Bewegungen dadurch unterschieden, daß sie eine kompliziertere Koordination der einzelnen Muskelkontraktionen voraussetzen.

Bezüglich der Lokalisation des motorischen Sprachcentrums ist zu bemerken, daß Bouillaud als erster[1]) die Funktion der Sprache in die vorderen Lappen des Großhirns über der Fissura Sylvii und vor dem Sulcus Rolando verlegte.

Aber schon vor ihm hat Gall in allgemeiner Weise das Sprachvermögen hinter und oberhalb der Orbita an der Gehirnoberfläche lokalisiert.[2])

Später haben Dax der Vater[3]) und Dax der Sohn[4]), gestützt auf

---

[1]) Bouillaud, Traité de l'encéphale. Paris, 1825. — Arch. de méd. 1825. — Bull. de l'acad. de méd. 1839, Vol. IV, 1845, S. 282, 1848, Vol. XIII, S. 699, 1864—65, Vol. XXX, S. 575. — Magendie, Journ. de phys. expér. et path. Vol. X, 1830.

[2]) Gall et Spurzheim, Anatomie et physiologie du système nerveux. Vol. I—IV. Paris 1810—1829.

[3]) M. Dax, Lésions de la moitié gauche de l'encéphale etc. 1836. Gaz. hebdom. 1865. Avr. Nr. 17.

[4]) G. Dax, Bull. de l'acad. de méd. 1864—65. Vol. XXX, S. 173.

ein enormes kasuistisches Material, den Nachweis geführt, daß Affektionen der Sprache eine gewöhnliche Begleiterscheinung der rechtsseitigen Paralyse bilden und somit bei Affektionen der linken Gehirnhemisphäre beobachtet werden.

Endlich ermittelte Broca im Jahre 1861 auf Grund klinischer Fälle[1], daß das Sprachcentrum sich in der dritten linken Stirnwindung und zwar im hinteren Teil derselben befindet (Fig. 288). Dieser Befund ist später durch eine ganze Reihe von Sektionsresultaten als richtig erhärtet worden.

Broca, anfangs selbst ein Gegner der Sprachlokalisation, gründete seine Lehre auf eine ganze Reihe Beobachtungen. Seine Theorie fand Bestätigung durch zahlreiche spätere Beobachter, von denen nur Charcot[2], sowie Nothnagel und Naunyn[3]) genannt seien. Charcot und Broadbent beobachteten nie eine Ausnahme vom Broca'schen Gesetz; daher verdienen die Beobachtungen, welche gegen Broca's Lehre aufgeführt werden, keine ernste Beachtung. Unter Naunyn's 24 Fällen motorischer Aphasie gab es keinen, wo eine Affektion der Broca'schen Windung vermißt wurde, ebenso wie unter 17 Fällen von sensorischer Aphasie es keinen gab, wo das Wernicke'sche Gebiet verschont geblieben wäre.

Diese Untersuchungen schufen einen festen Untergrund nicht nur für die Lokalisationen des Sprachcentrums allein, sondern auch für die ganze übrige Lehre von der Lokalisation der Rindenfunktionen. Alle weiteren Arbeiten auf diesem Gebiete zielen nur auf Festsetzung und weiteren Ausbau der Bouilland-Broca'schen Lehren ab; sie hier näher zu betrachten, liegt kein Grund vor.

Es genüge zu bemerken, daß die Beziehungen des hinteren Drittels der linken unteren Stirnwindung oder der Broca'schen Windung zu der Sprachfunktion schon längst zu den allgemein anerkannten Tatsachen gehört.

In der Folge wurde im Anschlusse an den bekannten Fall Parrot von Broca der Nachweis geführt, daß die Aphasie der Linkshänder nicht mit Krankheitszuständen der linken, sondern der rechten Gehirn-Hemisphäre zusammenhängt, während die Aphasie der Rechtshänder von Affektionen des hinteren Abschnittes der linken dritten Stirnwindung abhängt.

Späterhin wurden auch von anderer Seite Beobachtungen mitgeteilt, welche die Richtigkeit dieses Satzes bestätigten.

Man fand in mehreren Fällen bei aphasischen Linkshändern Affektionen im Bereiche der unteren Stirnwindung der rechten Seite.

Dieser Befund ist offenbar so zu erklären, daß die Sprachcentra sich im Verlaufe der Generationen im Zusammenhange mit der stärkeren Inanspruchnahme der rechten oberen Extremität und ihrer vorwiegenden Beteiligung an der primitiven Ursprache der Gesten ausgebildet haben müssen. Daher hat sich auch die Lokalisation der Sprache bei der Mehrzahl der Menschen genetisch in derjenigen Hemisphäre vollzogen, in welcher die Centra für die rechten oberen Extremitäten liegen, also

---

[1]) Broca, Sur le siège de la faculté du langage articulé. Bull. de la Société anat. Vol. VI, Août 1861.
[2]) Charcot, Progn. méd. 1883, S. 859.
[3]) Nothnagel und Naunyn, Über die Lokalisation der Gehirnkrankheiten.

in der Hemisphäre der linken Seite. In jenen Fällen, wo, wie bei den Linkshändern, die Aufgaben der rechten Hand von der linken übernommen werden, deren Centrum sich in der rechten Hemisphäre befindet, müssen auch die Sprachcentra in der rechten, anstatt in der linken Gehirnhemisphäre lokalisiert sein.

Nichtsdestoweniger hat es bisher nicht nachgewiesen werden können, daß die Lokalisation der Sprache in der rechten Hemisphäre, welche nur in einzelnen Fällen und immerhin nicht allzu häufig vorkommt, ausschließlich davon abhängt, daß es sich in diesen Fällen um Linkshänder handelt. Denn man kennt Fälle von Aphasie bei Rechtshändigen, wo diese trotzdem mit Krankheitszuständen der rechten Gehirnhemisphäre zusammenhing.

Möglicherweise findet dies in manchen Fällen eine Erklärung in der unvollständigen Kreuzung der Pyramidenbahnen, die für einzelne Fälle anatomisch nachgewiesen werden konnten.

In neuerer Zeit haben sich unter anderem Bramwell[1]) und Weber[2]) gegen die Annahme einer ausschließlichen Lokalisation des Sprachcentrums in der linken Hemisphäre bei Rechtshändern ausgesprochen.

Auch Senator schildert einen Fall, der bezeugen soll, daß das Sprachcentrum bei Rechtshändern ausnahmsweise in der rechten Hemisphäre lokalisiert sein kann.[3]) Bei einer Übersicht aller vorhandenen Aphasiefälle mit linksseitiger Hemiplegie gelangt Senator zu folgender Gruppierung dieser Fälle:

1. Aphasie mit Herdaffektionen der rechten Hemisphäre bei kompletten Linkshändern;

2. gekreuzte Bramwell'sche Aphasie mit Herden in der rechten Hemisphäre, und zwar

   a) bei Linkshändern mit Übung der rechten Gehirnhemisphäre zum Schreiben und Sprechen,

   b) bei Rechtshändern, wenn infolge vererbter Neigung zur Linkshändigkeit die rechte Gehirnhälfte zum Schreiben und Sprechen geübt wurde.

3. Aphasie mit linksseitiger Hemiplegie, bei normaler Lokalisation, infolge von Zerstörung der entsprechenden Centra, aber auch in Fällen des Ausbleibens der Pyramidenkreuzung.

Auf die Fälle linksseitiger Hemiplegie mit Aphasie bei Vorhandensein von Herden in beiden Gehirnhemisphären braucht hier nicht näher eingegangen zu werden, da diese Fälle schon vom Standpunkte der gewöhnlichen Lokalisation ohne weiteres ihre Erklärung finden.

2. Das motorische Schreibcentrum.

Einige Befunde sprechen ferner für das Bestehen eines selbständigen kortikalen Schreibcentrums im Gehirn.

Gordinier schildert einen Fall von Agraphie ohne irgend welche Sprachstörungen, zum Beweise des selbständigen Vorhandenseins eines Schreibcentrums an der Basis der zweiten Stirnwindung der linken Ge-

---

[1]) Bramwell, On grossed Aphasia. The Lancet. 3. June. 1899.

[2]) E. Weber, Das Schreiben als Ursache der einseitigen Lage des Sprachcentrums. Centr. f. Phys. Bd. 18, Nr. 12.

[3]) Senator, Aphasie mit linksseitiger Hemiplegie bei Rechtshändigkeit Charité-Annalen 1904, Bd. 28.

hirnrinde. Es fand sich in diesem Fall ein Gliom, welches der Basis der zweiten Stirnwindung auf der linken Seite aufsaß. In der Richtung nach unten und innen reichte die Geschwulst bis an das Vorderhorn des Ventrikels; in der Richtung nach vorne streckte sie sich zur Spitze des Stirnlappens, in ganzer Ausdehnung die weiße Substanz der zweiten Stirnwindung okkupierend.[1])

Für die Existenz eines besonderen Schreibcentrums im Bereiche des Fußes der zweiten Stirnwindung spricht ferner ein äußerst konstruktiver Fall von Giamanna.[2])

Bei Erscheinungen von Dysarthrie beobachtete man in diesem Fall Agraphie; der Kranke schrieb nur mühsam ein diktiertes Wort und zwar höchst unleserlich und unvollkommen. Seinen Namen konnte der Kranke unterschreiben; Diktat schrieb er besser, noch besser gelang ihm Abschreiben. Es bestand außerdem Parese des Facialis, Abweichung der Zunge nach rechts und Extremitätenparese rechts, Verlangsamung der psychischen Tätigkeiten und Ermüdung beim Sehen. Bei der Sektion fand man einen solitären Tuberkel im linken Stirnlappen.

In dem Fall von Mc. Cornill beobachtete man isolierte Agraphie bei einem Tumor des linken Stirnlappens. Der Kranke war unfähig, seine Gedanken schriftlich wiederzugeben, konnte nicht Diktat schreiben. zeichnete aber einzelne Worte vollkommen regelrecht auf. Es bestand auch Aphasie, aber in geringerem Grade; epileptische Anfälle waren vorhanden.

Der Tumor saß an der Basis der zweiten Stirnwindung links, teilweise affiziert waren auch die erste und dritte Stirnwindung, sowie der Vorderrand des Gyrus praecentralis. Nach operativer Entfernung der Geschwulst besserte sich das Schreibvermögen allmählich.

Für das Bestehen einer selbständigen motorischen Agraphie sprechen auch Beobachtungen von Charcot, Dutil, mir, Henschen und anderen.

In dem Fall von Bromwell handelte es sich um einen gliomatösen Tumor und einen hämorrhagischen Herd im Bereiche des hinteren Abschnittes der zweiten Stirnwindung.

Das Krankheitsbild bestand anfangs darin, daß der Patient nicht mehr richtig lesen konnte und später das Bewußtsein verlor. Zu sich gekommen, zeigte er Aphasie und Agraphie mit Erscheinungen von Wortblindheit. Die Erscheinungen steigerten sich später bis zu einem Grade, daß das Schreib- und Lesevermögen vollständig verloren ging.

Nun erscheint aber die ganze Frage nach dem Bestehen eines besonderen Schreibcentrums in dem Fuße der zweiten linken Stirnwindung in der Nähe des Sprachcentrums, wie dies schon Charcot vermutete, bisher noch wissenschaftlich nicht völlig gelöst, wenn auch eine ganze Reihe von Agraphiefällen vorliegt, welche für die Existenz eines besonderen Schreibcentrums, wenigstens bei einzelnen Personen, zu sprechen scheinen (Fig. 289).

Wernicke, Déjérine und Mirallié haben sich schon gegen die Annahme eines speziellen Schreibcentrums ausgesprochen. Déjérine be-

[1]) H. Gordinier, The american Journal of the medical sciences. September 1903.

[2]) Giamanna, R. Academia medica di Roma. 28 avril 1901. Revue neur. 1901, S. 1162.

ruft sich in diesem Fall darauf, daß man mit der rechten Hand ebensogut wie mit der linken, und bis zu einem gewissen Grade mit dem Fuß schreiben kann.

In einem erwähnten Sinn äußerte sich auch Pieraccini im Hinblicke auf seine Beobachtungen an einem 14jährigen Mädchen mit Spiegelschrift.[1]) Er kommt in Übereinstimmung mit Wernicke und Déjérine zu dem Schluß, daß ein besonderes motorisches Schreibcentrum nicht vorkommt und daß wir beim Schreiben im Grunde nichts anderes tun, als geistige Bilder kopieren.

Nichtsdestoweniger wird kein Unbefangener verkennen, daß das Schreiben mit der rechten Hand zur automatischen Bewegung werden kann, was man weder von dem Linksschreiben, und noch viel weniger von dem Beinschreiben sagen kann, wenn natürlich in diesen beiden Fällen eine entsprechende Übung nicht vorlag.



Fig. 289.
Komplete Agraphie bei Bestehen eines Tumors an der durch einen schwarzen Fleck bezeichneten Stelle des Stirnlappens. Fall von Mc. Cornill.

Es kann daher in einzelnen Fällen, wo das Schreiben mit der linken Hand infolge langdauernder Übung vollkommen automatisch von statten geht, unleugbar auch ein spezielles Schreibcentrum vorhanden sein, sich ausbildend als eine Art Ergänzung des rechten Handcentrums im Fuße der zweiten Stirnwand der linken Hemisphäre. Daß ein Schreibcentrum nicht konstant bei allen Schreibwindungen vorkommt, konnte darauf beruhen, daß der Mensch relativ spät in der Geschichte schreiben gelernt hat. Zudem ist das Schreiben noch jetzt weitaus nicht für alle eine alltägliche Manipulation, im Gegensatz zu der Sprache, die eine lange Vergangenheit hat und dauernd geübt wird.

So wird es verständlich, daß Affektionen des Fußes der zweiten Stirnwindung in vielen Fällen latent bleiben können infolge der Nicht-

---

[1]) G. Pieraccini, Riv. di patol. nerv. e ment., 1902 vol. VII., fasc. 12.

ausbildung eines besonderen Schreibcentrums, und daß nur in einzelnen Fällen dabei Agraphie beobachtet wird.

Das Studium der motorischen Sprachcentra an der Hand der als Aphasie und Agraphie bezeichneten Zustände erscheint hier insofern von hervorragender Bedeutung, daß hierbei die Muskeln, welche zum Aussprechen und Aufschreiben eines Wortes dienen, für alle anderen Bewegungen noch gebrauchsfähig gefunden werden, ein Umstand, welcher die Analyse der hier in Betracht kommenden Erscheinungen natürlich wesentlich erleichtert.

Offenbar ist der Kranke bei der sogenannten motorischen Aphasie unfähig, ein bestimmtes Wort auszusprechen, nicht infolge einer Paralyse oder durch Unvermögen bestimmte Bewegungen auszuführen und nicht infolge von allgemeinen sensiblen Störungen oder Alterationen des Muskelgefühls. Vielmehr kann der Aphasische bei voller Unversehrtheit der Sensibilität, sowie der Zungen- und Lippenbewegungen alle Bewegungen vollführen, welche zum Hervorbringen des betreffenden Wortes gehören, ja er bringt bei einiger Übung sogar einzelne Silben hervor, aber er ist unfähig, diese einzelnen Silben und Buchstaben mit einander zu verknüpfen in einer bestimmten Reihenfolge, wie dies zum Aussprechen eines Wortes notwendig ist und eine Reproduktion der vollen motorischen Vorstellung des gesprochenen Wortes unbedingt erfordert.

Die motorische Aphasie, sich äußernd in dem Unvermögen der Hervorbringung eines Wortes im Sinne einer bestimmten erlernten und koordinierten Bewegung, hängt offenbar ab von einem Verlust der entsprechenden motorischen Vorstellungen. So kommt es zu einer Aufhebung bestimmter Bewegungen ohne eine Paralyse der Muskeln, welche an der Ausführung dieser Bewegungen mitwirken, für welche in der Rinde besondere Centra lokalisiert sind.

Hier handelt es sich also in mehr als augenscheinlicher Weise um einen Ausfall motorischer Vorstellungen, welche die Paralyse der Sprache bedingen im Sinne des Unvermögens der Hervorbringung von Worten bei Unversehrtheit der motorischen und sensiblen Sphäre.

Nach Déjérine kommt es bei Affektionen der Broca'schen Windung nicht zu absteigenden Degenerationen, bei der amyotrophischen Sklerose bestehe keine Zelldegeneration in dieser Windung. Daher sei die Windung als Centrum der Ausarbeitung von Bewegungen, nicht aber als motorisches Centrum im wahren Sinn aufzufassen.[1])

Außer dem kortikalen Broca'schen Sprachcentrum nimmt Mills noch ein besonderes Artikulationscentrum im unteren Drittel der vorderen Centralwindung an.

Auch Monakow verlegt das primäre Centrum der Sprachmuskeln nicht in die Broca'sche Windung, sondern in den unteren Teil der vorderen Centralwindung. Seine einseitige Zerstörung führe zur Dysarthrie, seine zweiseitige Zerstörung zur Anarthrie; das Broca'sche Centrum funktioniere als Wortbildungscentrum.

Nach Ross[2]) hängt die Leitungsaphasie von einer Affektion der motorischen Centra ab. Er betrachtet die Aphasie als echte paralytische

---

[1]) Déjérine, L'aphasie motrice. La Presse méd. 1906.

[2]) Ross, On aphasia. 1887.

Störung, als Lähmung der ferneren Bewegungen ohne Störung der groben Kraft. Daß die Aphasie auf Verlust des Gedächtnisses der Sprachbewegungen beruhe, wird bestritten. Gegen diese Auffassung spricht jedoch die Tatsache, daß Lähmungen der groben Zungen- und Lippenbewegungen von Aphasie unbegleitet sind.

Monakow betrachtet das Operculum rolandicum als primäres Centrum der Sprachmuskeln; die vorderen Abschnitte der Insel seien von gleicher Funktion wie die Broca'schen Centra.

Nach Monakow[1]) gehören Fälle von Mangel der Aphasie, trotz Affektion der Sprachgegend, sowie Fälle von Aphasie bei Herden, die von den Sprachcentren weit abliegen, sodann Fälle von paradoxaler Aphasie (d. h. Vorhandensein von sensorischer Aphasie bei Affektionen des motorischen Centrums und umgekehrt) und Aphasie bei Erkrankungen der rechten Hemisphäre bei Rechtshändern nicht zu den Seltenheiten. Er erklärt sie durch seine Theorie der Diaschise[2]), wonach die Herdsymptome zerfallen in vorübergehende, bedingt durch Fernwirkung auf andere Centra, und beständige, welche von Verlust des betreffenden Centrums abhängen.

Monakow's Theorie der Diaschise erklärt die Fernwirkung pathologischer Herde, bedingt durch pathophysiologische Ursachen bei Fehlen von Zirkulationsstörungen oder mechanischen Wirkungen. Je nach der Lage der Affektion unterscheidet er eine cerebrospinale, kommissurale und interkortikale Diaschise. Er analogisiert seine Theorie der Goltz'schen Auffassung der cerebralen Hemmung; es handle sich aber nicht um Reizung seitens der affizierten Stellen, sondern um Verlust der Erregbarkeit an Stellen, zu denen das affizierte Gebiet in Beziehungen steht (Beispiel: Verlust der Patellarreflexe bei ausgedehnten Hemisphärendestruktionen). Die Diaschise besteht in dem Übertritt der Erregung von der primär affizierten Stelle in eine nicht affizierte. Diese Theorie bestätigt nochmals die längst bekannte Tatsache, daß der primäre Funktionsausfall nach einer Rindenaffektion ganz und gar auf diese letztere zu beziehen ist.

Die komplette motorische Aphasie erscheint als Initialstadium der Affektion der Broca'schen Windung. Mit der Zeit restiert eine unvollständige motorische Aphasie als Dauersymptom von Affektionen dieses Centrums, welches im Falle der Kompensation in das dritte (latente) Stadium übergehen oder als Stottern bestehen bleiben kann.

Broca's Theorie von den Beziehungen der dritten Stirnwindung zu der Sprachfunktion wird gegenwärtig von P. Marie entschieden bestritten. Seine Lehre, welche nicht nur die motorische Aphasie, sondern auch deren sensorische Formen umfaßt (C. Wernicke), soll hier nur bezüglich der motorischen Aphasie betrachtet werden.

Herabgehen des Intellektes bildet nach P. Marie die Grundlage des gesamten aphasischen Symptomkomplexes. Nach seiner Meinung hat die dritte Stirnwindung keinerlei Beziehungen zu der Sprachfunktion. Der Symptomkomplex der Broca'schen Aphasie beruhe vielmehr auf einer Verbindung von Anarthrie mit Wernicke'scher Aphasie (s. unten). In pathologisch-anatomischer Beziehung ist die Broca'sche Aphasie Resultat einer kombinierten Affektion der Wernicke'schen Zone und der lentikularen Zone. Die Grenze wird auf dem Flechsig'schen

---

[1]) Monakow, Erg. der Physiologie. 1907. Kongreß f. Psych. in Amsterdam. 1907.

[2]) P. Marie, Revision de la question de l'aphasie. La Semaine méd. 1906.

Horizontalschnitt gebildet durch Linien, welche von der vorderen und hinteren Inselecke zum Seitenventrikel verlaufen.

Daß jedoch alle Fälle von motorischer Aphasie von Verstandesschwäche begleitet sein sollen (Marie), wird von einer ganzen Reihe von Autoren bestritten (Monakow[1]), Forster[2]), u. A.).

Mehrere Beobachter (Déjérine[3]), Mills[4]), Morton Prince[5]) sind geneigt anzunehmen, daß bei gleichzeitigem Bestehen von Aphasie und Schwachsinn jene nicht von dieser, sondern diese von jener abhängt.

Auch Marie's Versuch, die Apraxie auf Schwachsinn zurückzuführen, ist auf Widerstand gestoßen (Spillmann[6]), Vleuten[7]); die Apraxie ist zudem häufig unilateral.

Marey's Angabe, daß Kranke mit motorischer Aphasie unfähig sind, komplizierte Handlungen auszuführen, kann ich an eigenen Fällen und auf Grund von Untersuchungen meiner Klinik bestätigen. Es handelt sich hier aber nicht um Schwachsinn, sondern um erschwertes Erinnern an Wortzeichen infolge der Unmöglichkeit ihrer Wiederholung, wie dies durch eingehende Untersuchungen meiner Klinik (Astvazaturov) nachgewiesen ist.

Die Fälle endlich von Affektion der dritten linken Stirnwindung ohne Aphasie bei Rechtshändern, auf welche Marey sich beruft, sind anders zu erklären. Monakow z. B. geht dabei von der Diaschisetheorie aus. Nach Spillmann beträgt die Zahl der geborenen Linkshänder weit mehr als 4 %, nämlich 10—14 %, es finde aber eine Korrektur durch Erziehung statt. Diese Häufigkeit der geborenen Linkshänder erkläre die Fälle von Affektion der Broca'schen Windung ohne Aphasie, deren Zahl annähernd gleich groß ist.

Bernheim[8]) bestreitet das Vorhandensein besonderer kortikaler Sprachcentra. Nach seiner Meinung entstehen Sprachstörungen nicht durch Affektion der Centra, sondern durch Affektion der Leitungsbahnen vom Stirnlappen (psychisches Centrum) zum Rückenmark als Centralorgan der Motilität. Einer besonderen Widerlegung bedarf diese Auffassung aber schon deshalb nicht, weil Affektionen im Subcortex niemals Aphasie hervorrufen.

Nach Liepmann[9]) findet sich an der Übergangsstelle vom linken Stirnlappen zur vorderen Centralwindung ein vor dem Zungen- und Facialiscentrum liegendes und sie zum Teil bedeckendes Gebiet bei mindestens 90 % Rechtshändigen, deren Zerstörung die artikulierte Sprache in der Weise aufhebt, daß sie bei Vielen nicht wiederkehrt, bei Anderen in unvollkommener Weise sich restituiert. Je tiefer die Affektion geht und je mehr die Stabkranz- und Kommissurenfasern beschädigt werden, um so anhaltender ist die Sprachstörung. Die

---

[1]) Monakow, Ergebnisse der Physiologie. 1907.
[2]) Forster, Charité-Annalen. 1907.
[3]) Presse médicale. 1906. Nr. 55.
[4]) Mills, The journ. of nerv. and ment. dis. 1907. Nr. 7.
[5]) Morton Prince, ibidem. 1908. Nr. 1.
[6]) Spillmann, Psychiatr. Kongreß zu Amsterdam. 1907.
[7]) Vleuten, Allg. Zeitschr. f. Psychiatrie. 1907.
[8]) Bernheim, Doctrine de l'aphasie. Paris 1907.
[9]) Liepmann, Zum Stande der Aphasiefrage. Neurolog. Centralbl. 1909. Nr. 9.

Hauptrolle spielt in den meisten Fällen die Pars triangularis und opercularis der unteren Stirnwindung. In einigen Fällen ist der untere Rand der zweiten Stirnwindung, vielleicht auch der vordere Rand der Inselrinde mit einbezogen.

Die Sprechimpulse nehmen von diesem Felde ihren Ausgangspunkt mittels des Facialis- und Hypoglossuscentrums, zum Teil durch die linke innere Kapsel, zum Teil durch das Corpus callosum und die entsprechenden Centra der rechten Hemisphäre. Die Unterbrechung der linksseitigen efferenten Bahn und der Bahnen zum Corpus callosum hebt ebenfalls die artikulierte Sprache auf, aber das Sprachgebiet ist dabei nur von dem spracherzeugenden Apparat isoliert. Klinisch negativ sind nicht nur die Fälle geheilter Aphasien, sondern die Erklärung liegt zum Teil darin, daß in 90% der Fälle die rechte Hemisphäre überwiegt, zum Teil darin, daß die Ausdehnung des Sprachfeldes nach hinten variiert.

Anatomisch erklären sich die negativen Fälle dadurch, daß bei Erhaltung des Sprachgebietes die totale Lösung seiner Verbindungen ebenfalls zum Verlust der Sprache führt. Bei langsam entstehenden Affektionen (Tumoren) kann die rechte Hemisphäre in Aktion treten.

In einigen Fällen bewirkt die Zerstörung des Sprachfeldes unzweifelhaft schwere Störungen des Schreibens und des Verständnisses des Gelesenen; öfter aber ist dies nicht der Fall.

Nach Liepmann enthalten der Fasciculus arcuatus, das Inselmark und die äußere Kapsel wichtige Bahnen zur Verbindung der sensiblen Sprachcentra mit den motorischen Centren. Affektionen der Insel führen daher hauptsächlich zu Störungen des spontanen Sprechens (erschwertes Wortfinden). Wenn ein Herd die afferenten und efferenten Sprachbahnen und die Kommissurenfasern erfaßt, dann hat die resultierende Sprachstörung den Charakter der Aphemie.

b) Die Apraxie der Bewegungen und ihre Lokalisation.

Was die Centra der motorischen Vorstellungen der Extremitäten betrifft, so sind solche ebenfalls in der nächsten Nachbarschaft der motorischen Rindencentra zu suchen.

In Fällen von Verlust dieser Vorstellungen kommt es zu eigentümlichen Störungen der Motilität, welche unter dem Namen motorische Apraxie bekannt sind und in der Unfähigkeit bestehen, die Gliedmaßen bei Fehlen einer motorischen Paralyse zur Ausführung zusammengesetzter Bewegungen zu gebrauchen.

Aus der Literatur über Apraxie sind hier zu erwähnen die Untersuchungen von Liepmann[1]), ferner diejenigen von Banhöffer[2]), Marcuse[3]), Pick[4]), Kleist[5]), sowie die kasuistischen Mitteilungen von Abraham[6]),

---

[1]) Liepmann, Die Krankheit der Apraxie 1900. — Neurolog. Centralbl. 1902, S. 615. — Monatsschr. f. Psychiatr. u. Neurol. 1905, Bd. 17, H. 4, 1906, Bd. 19. — Die Apraxie. Berlin, Karger 1905.

[2]) Banhöffer, Archiv f. Psychiatrie, Bd. 37, H. 3.

[3]) Marcuse, Centralbl. f. Nervenheilk. u. Psychiatr. 1904, Nr. 179.

[4]) Pick, Über Apraxie. Sep.-Ausg. Wien, Fr. Deuticke 1905.

[5]) Kleist, Monatsschr. f. Psychiatr. u. Neurol. 1906, Bd. 19, H. 3.

[6]) Abraham, Allg. Zeitschr. f. Psychiatr., Bd. 61.

Strohmeyer[1]) und Herzog.[2]) Außerdem hielt ich selbst zwei Vorträge darüber[3]) und veröffentlichte eine Spezialabhandlung über den gleichen Gegenstand.[4])

So z. B. kann ein derartiger Kranker sich des Löffels nicht bedienen, um seine Suppe zu essen. Es sieht den Löffel und erkennt ihn, aber es sind ihm die entsprechenden motorischen Vorstellungen über den Gebrauch und die Wirkungsweise des Löffels verloren gegangen. Ein Apraxischer weiß in manchen Fällen nicht mit der Gabel umzugehen, wenn er sie auch erkennt; andere solche Kranken verstehen nicht die Häkelnadel zum Stricken zu benutzen; obwohl sie genau wissen, daß sie eine solche Häkelnadel in der Hand haben; sie können nicht den Rock zuknöpfen, da auch hier wiederum die entsprechenden motorischen Vorstellungen erloschen sind.

Um die Lehre von der Apraxie haben Wernicke, Liepmann, Heilbronner, Kleist sich große Verdienste erworben.

Eine vorzügliche Schilderung dieser merkwürdigen, der Aphasie ganz analogen Bewegungsstörungen finden wir unter anderem bei Liepmann. Er hat bei der genauen Untersuchung eines einschlägigen Falles erkannt, daß der betreffende Kranke seine Glieder regelrecht zu gebrauchen und die Gegenstände der Umgebung zu benutzen nicht deshalb unfähig war, daß er sie etwa nicht erkannte oder die Aufforderung zu jenen Bewegungen nicht verstand, sondern weil das Ziel der Handlung unter Erhaltung des Erkennens und Verstehens der Gegenstände ihm verloren gegangen war. Ataxie, welche die zweckmäßigen Bewegungen zerstört, war bei dem Kranken auch nicht vorhanden. Er hatte gewissermaßen die Erinnerung an die Art und Weise der zweckmäßigen Bewegungen verloren oder er konnte sie nicht reproduzieren. Die Apraxie verhielt sich in diesem Falle zu der Ataxie, wie die Aphasie, und insbesondere die Paraphasie zu der Artikulationsstörung. — Bei der Obduktion dieses Kranken fand man außer starker Arteriosklerose entsprechend der vitalen Diagnose an der linken Hemisphäre eine ausgedehnte Affektion im Gebiete des Gyrus supramarginalis und im oberen Scheitelläppchen; an der rechten Hemisphäre saß ein kleiner Herd im Gyrus angularis und ein ebensolcher in der inneren Kapsel.

Ich selbst berichtete im März 1903 über einen Fall von lokaler Apraxie bei einem Kranken, welcher an Dementia paralytica litt. Die Apraxieerscheinungen betrafen hier den rechten Arm in einem außerordentlich hohen Grade. Trotz des Fehlens einer motorischen und sensiblen Paralyse dieser Extremitäten vermochte der Kranke sich ihrer nicht zur Ausführung zusammengesetzter Bewegungen zu bedienen; er verlor immerfort das Ziel der Handlung aus den Augen. Daher konnte er z. B. seinen Mantel nicht zuknöpfen, wenn er auch begriff, was von ihm verlangt wurde; er konnte Löffel und Gabel nicht gebrauchen, obwohl er diese Gegenstände erkannte und ihren Gebrauch einsah; er konnte sich eine Zigarre nicht anzünden, obwohl er selbst um Zünder gebeten hatte; wollte er die Hand reichen, so krümmte er sie unnütz

---

1) Strohmeyer, Deutsche Zeitschr. f. Nervenheilk., Bd. 24.
2) Herzog, Zeitschr. f. klin. Med., Bd. 53.
3) Bechterew, Verhdl. d. Wiss. Versamml. u. Psychiatr. Klinik zu St. Petersburg 1903 u. 1904.
4) Bechterew, Über motorische lokale Apraxie. Obosrên. psihiatr. 1906.

zur Faust zusammen. — Im Laufe der Zeit kam es zu Bewußtseinstrübung mit vorübergehender Worttaubheit, worauf auch die Erscheinungen der Apraxie merklich zunahmen. Doch hatte dieser Kranke Apraxieerscheinungen bei vollem Fehlen sensorischer Aphasie. — Bei der Obduktion fanden sich außer den gewöhnlichen Erscheinungen der Dementia paralytica lokale Sklerose und Schrumpfung der Gehirnrinde im Gebiete des mittleren Abschnittes der hinteren Centralwindung und am Gyrus supramarginalis. Auf dem Durchschnitt erwiesen sich diese Rindengegenden als atrophisch, verschmächtigt und von etwas gesteigerter Konsistenz, während die subkortikale weiße Substanz blasser und weicher erschien. Die innere Kapsel, die centralen Gehirnganglien und die übrigen Teile des Gehirns wiesen auf beiden Seiten keinerlei Herdaffektionen auf.

Dieser Fall erscheint also noch reiner und bezüglich der Lokalisation der Apraxie lehrreicher, als der von Liepmann mitgeteilte (s. oben).

Faßt man diese beiden Beobachtungen zusammen, so ergibt sich, daß die Erscheinungen der motorischen Apraxie bedingt werden durch Herde, welche unmittelbar hinter der sogenannten motorischen Zone sitzen und daß in dieser Beziehung vor allem Erkrankungen im Bereiche des Gyrus supramarginalis und der hinteren Centralwindung in Betracht kommen.

Von der motorischen Apraxie lokalen Charakters wohl zu unterscheiden sind die Fälle sogenannter *ideatorischer* oder *psychischer Apraxie*, wo wir es mit Störungen noch komplizierterer Handlungskombinationen zu tun haben auf Grund einer Unterbrechung der Assoziationsverbindungen. Zu gedenken ist hier auch der sogenannten *psychischen Paralysen*, welche man bei der Hysterie beobachtet und welche sich äußern in einem vollständigen Handlungsunvermögen nicht infolge von paralytischen Störungen und nicht infolge fehlender bezw. ungenügender Entwicklung der motorischen Bilder, sondern infolge der Unfähigkeit, diese Bilder aufzusuchen und zu beleben. Die motorischen Bilder sind hier nicht verloren gegangen, denn unter besonderen Verhältnissen, wie im Hypnosezustande, können sie wieder erwachen und zur Vollziehung von Bewegungen führen; es besteht aber eine Art Unterbrechung des Zusammenhangs zwischen den Rindengebieten, in welchen die psychischen Impulse entstehen und den Centren der motorischen Bilder. Diese Unterbrechung bewirkt hier die Gebrauchsunfähigkeit der Gliedmaßen.

In diesem Fall handelt es sich also um ganz besondere psychische Zustände, die auf einer Dissoziation der Rindenverbindungen beruhen und mit den Erscheinungen der Apraxie nichts zu tun haben.

P. Marie bezieht die Apraxie auf Schwachsinn, bedingt durch Affektion der Wernicke'schen Zone, eine Ansicht, die jedoch nicht hinreichend begründet erscheint.

c) Die Bedeutung des Gyrus sigmoideus bezw. der Centralwindungen für die statische Koordination.

Wir haben im früheren bereits eingesehen, daß bei Tieren nach unilateralen Läsionen der sogenannten motorischen Zone der Gehirnrinde nicht selten in der ersten Zeit nach dem Eingriff Kreisbewegungen auftreten, welche deutlich als Zwangsbewegungen sich darstellen.

Man hat diese Kreisbewegungen vielfach auf eine Parese der Muskeln der entgegengesetzten Seite zurückgeführt. Doch ist diese Erklärungsweise wohl nicht richtig. Denn die Kreisbewegungen setzen eine ungleichmäßige Innervation der Abduktoren und Adduktoren der Extremitäten voraus; die kortikale Bewegungsparese zeigt aber bekanntlich nicht eine solche ungleichmäßige Ausbreitung.

Nähme man aber an, daß die gewöhnliche Extremitätenparese schon an und für sich hinreicht, um die Kreisbewegungen zu erklären, so würde sich ergeben, daß bei Tieren, wo (wie bei den Affen) die Zerstörung der motorischen Rindenzone stärkere Pareseerscheinungen nach sich zieht, auch die Reitbahnbewegungen lebhafter sein müßten, als bei den niederen Tierformen, was aber in Wirklichkeit nicht zutrifft.

Ich fasse daher die Kreisbewegungen bei Zerstörungen des Gyrus sigmoideus bezw. der Centralwindungen auf als eine Folge des Ausfalles von Impulsen, welche auf die statische Koordination von Einfluß sind.

Wir haben früher bereits bei der Darstellung der Kleinhirnfunktionen erkannt, daß die Bewegungsstörungen, welche sich an die Zerstörung des Kleinhirns und der Organe der statischen Sensibilität anschließen, bei den Versuchstieren viel schwerer zurückgehen, wenn man ihnen vorher die motorischen Rindenfelder des Vorderhirns abgetragen hat. Dies ist ein bedeutsames Zeugnis für die kompensatorischen Wirkungen der motorischen Zone der Gehirnrinde auf die Störungen der statischen Koordination im Gefolge von Läsionen des Kleinhirns und der Organe der statischen Sensibilität.

Andererseits kommen die nahen Beziehungen zwischen der motorischen Zone der Vorderhirnrinde und der Rinde der Kleinhirnhemisphäre darin zum Ausdruck, daß im Falle der Exstirpation einer Kleinhirnhemisphäre die Erregbarkeit der motorischen Zone der kontralateralen Gehirnhälfte ansteigt und daß umgekehrt die Abtragung der motorischen Rindenzone zu einer Erregbarkeitserhöhung der Rinde der kontralateralen Kleinhirnhemisphäre führt.

Es bestehen also unzweifelhaft nähere Beziehungen zwischen dem motorischen Rindenfelde und der Funktion des Kleinhirns als Organ der statischen Koordination. In diesen Beziehungen liegt nach meiner Ansicht auch die Ursache der Kreisbewegungen, welche man in Fällen der Abtragung der motorischen Rindenzone beobachtet.

Der Ausfall der Impulse, welche von dem motorischen Rindenfelde dem Kleinhirn als Organ der statischen Koordination zufließen, bildet, wie mir scheint, im Falle der Zerstörung des motorischen Rindenfeldes die Ursache jener Störungen der statischen Koordination, welche bei den Versuchstieren zur Ausbildung von Kreisbewegungen führen.

Daß die Hirnrinde überhaupt zu der statischen Koordination in Beziehungen steht, bezeugen auch die Erscheinungen im Versuch an niederen Tierformen. Henri und Stade untersuchten die Wirkungen der Exstirpation der Gehirnhemisphäre auf Frösche mit zerstörtem Labyrinth.[1]) Beim Frosche erzeugt die Zerstörung der Labyrinthbogen bekanntlich eine Deviation des Kopfes und der vorderen Rumpfpartie nach der operierten Seite. Diese Erscheinungen gehen nach einiger Zeit zurück, sie stellen sich aber wieder ein, falls man die Gehirn-

[1]) Henry und Stade, Compte Rendu de la Soc. de biol. Tome 56, S. 232.

hemisphären wieder abträgt. Waren die Hemisphären schon vorher exstirpiert worden, dann treten nach der Läsion der Labyrinthbogen, wenn auch in einem schwächeren Grade, die gleichen Erscheinungen auf, welche man bei Tieren mit unverletztem Gehirn beobachtete, doch waren die Störungen selbst in diesem Fall von längerem Bestande.

d) Die Bedeutung der Centralwindungen bezw. des Gyrus sigmoideus für den Muskeltonus und die Reflexe.

Den Schluß unserer Betrachtungen über die Funktionen der Centralwindungen sollen hier einige Bemerkungen über die Beziehungen der sensitiv-motorischen Zone zu dem Muskeltonus und zu den Sehnenreflexen bilden.

1. Die Bedeutung der motorischen Zone für den Muskeltonus.

Die Beobachtungen, welche von verschiedenen Seiten betreffs des Einflusses der centralen Rindenfelder auf den Muskeltonus vorgebracht worden sind, stimmen untereinander nicht ganz überein.

Hitzig hat bekanntlich die Behauptung aufgestellt, daß die Abtragung des Gyrus sigmoideus den Muskeltonus herabsetzt. Im Gegensatze dazu will Bianchi in diesem Fall eine Erholung des Muskeltonus gefunden haben. Lewandowsky sucht diesen Streit in dem Sinne zu schlichten, daß bei einem und demselben Tier beides eintreffen kann und daß in Wirklichkeit Störungen der Motilität vorkommen in Gestalt von Dystonie, welche von einer Störung der Sensibilität abhängen.[1])

Hitzig fand bei der Untersuchung der Motilität und Sensibilität eines schwebenden Hundes das Bestehen einer veränderten Haltung der Gliedmaßen in Beziehung sowohl zueinander, als auch zum Rumpfe. Das eine Mal wichen die Extremitäten des schwebenden Tieres nach der operierten Seite, das andere Mal nach der dem Eingriff entgegengesetzten Seite ab. Häufig zeigt nur das Vorderbein die Deviation, indem sie gestreckt und abnorm im Schultergelenke rotiert sich darstellt; die Extremität wird gewöhnlich nur gestreckt gehalten. Der schwebende Hund reagiert dabei nicht auf schwache Reizung der affizierten Beine, während er auf der anderen Seite mehr oder weniger deutlich darauf reagiert. — Oberflächliche, auf die Rinde allein beschränkte Läsionen haben dabei den gleichen Erfolg wie tiefe Läsionen.[2])

Bianchi bestätigt die Richtigkeit der Angabe Hitzig's, wonach der schwebende Hund auf Reizung hin nicht die Pfote der affizierten Seite fortzieht und bei Flexionsversuchen starken Widerstand leistet, was auf der erhöhten Spannung der Flexoren beruht. Bianchi nimmt an, daß der veränderte Spannungszustand einzelner Muskeln an den affizierten Extremitäten auf Veränderungen des Innervationszustandes dieser Gliedmaßen beruht; die Extensoren sollen dabei, wie Bianchi im Gegensatze zu Loeb annimmt, eine stärkere und nicht eine verminderte Spannung

---

[1]) Lewandowsky, Über den Muskeltonus usw. Journ. f. Psych. u. Neurol. 1902, I, S. 72.

[2]) E. Hitzig, Untersuchungen über das Gehirn. Neue Folge II. — Reichert's und Du-Bois Reymond's Arch. 1874, S. 421 und 439. — Dasselbe Arch. 1876, S. 701, 1877, S. 697, 700, 709. — Volkmann's Sammlung klin. Vorträge Nr. 112, S. 971, 974 u. 975. — Arch. f. Psych. Bd. 35, H. 1, S. 313 ff.

aufweisen. Diese Beobachtung erscheint nach seiner Meinung als Pendant zu den hemiplegischen Kontrakturen des Menschen, wo die Kontrakturen unter dem Einflusse von Willensanstrengungen hochgradig zunehmen.[1])

Hitzig ist übrigens gegen eine solche Vergleichung.[2]) Im Stehen sollen die affizierten Extremitäten des Hundes noch schlaffer sein als die gesunden; die Streckstellung vollziehe sich gewöhnlich unter geringer Anspannung der beteiligten Muskulatur. Im Hinblick auf seine Befunde gelangt Hitzig nun zu dem Satz, daß jene Streckung der Extremitäten in Wirklichkeit auf einem Ausfall des normalen Gehirntonus beruht. Hitzig erkannte zugleich, daß bei den operierten Hunden, wenn man sie psychisch erregt, pathologische Mitbewegungen in den affizierten Extremitäten auftreten.

2. Die Bedeutung der motorischen Zone für die Sehnenreflexe.

Was die eigentliche Reflextätigkeit betrifft, in ihrer Beziehung zu der Funktion der sensitiv-motorischen Rindenzone, so ist zu betonen, daß die Sehnenreflexe nach Reizstörungen im Bereiche der Centralwindungen erhöht gefunden werden. Man darf daraus schließen, daß die sensitiv-motorische Rindenzone einen hemmenden Einfluß auf die spinalen Sehnenreflexe ausübt und zwar offenbar auf Grund des reichlichen Zuflusses von Erregungen, welche die motorische Zone von anderen Gehirnregionen her empfängt und welche mit der centrifugalen Pyramidenbahn weiter gegeben werden.

Es gibt aber nicht wenige Beobachtungen darin, daß Affektionen im Bereiche der motorischen Rindencentra oder der subkortikalen Gebiete nicht unter Erhöhung, sondern unter Herabsetzung der Sehnenreflexe und unter schlaffer motorischer Paralyse verliefen. Diese Zustände, welche man, wie es scheint, am häufigsten bei Hämorrhagien findet, haben Anlaß zu der Meinung gegeben, daß die Hemmungswirkung auf die Sehnenreflexe nicht von den motorischen Rindencentren, sondern von den subkortikalen Ganglien herrührt. Nach meiner Ansicht sind die hierbezüglichen Fälle noch einer anderen Auffassung zugänglich, namentlich, wenn man sich daran erinnert, daß die motorische Zone der Gehirnrinde durch besondere Leitungsbahnen auch mit den subkortikalen Ganglien des Gehirns in Verbindung steht. Denkbar ist es auch, daß eine Gehirnaffektion in manchen Fällen, ohne Krämpfe hervorzurufen, den gewöhnlichen Hemmungseinfluß der Pyramidenbahn auf den Tonus und auf die Reflexe steigert.

3. Die Bedeutung der sensitiv-motorischen Rindenzone für den Zustand der Hautreflexe.

Was die Beziehungen der Gehirnrinde zu den Hautreflexen betrifft, so war schon bei der Betrachtung der Funktionen des Rückenmarkes (s. Abschnitt 2 dieses Werkes) davon die Rede, daß ein gewisser Teil dieser Reflexe kortikalen Ursprunges sein muß.

---

[1]) L. Bianchi, Sulle compensazioni funzionali della cortecia cerebrale. La psichiatria. 1883. — Derselbe, Ancora sulla dottrina dei centri corticali motor del cervello. La psichiatria 1885.

[2]) E. Hitzig, Über die Auffassung einiger Anomalien der Muskelinnervation. Untersuchungen über das Gehirn 1874.

Munk hat seiner Zeit darauf aufmerksam gemacht, daß ein gesunder Hund, wenn man über die frei herabhängende Extremität gegen den Haarstrich streichelt, sofort Bewegungen mit der Extremität ausführt, welche man berührt hat. Dieser Haarreflex, welchen viele unzutreffend als Tastreflex ansehen, verschwindet zufolge den Beobachtungen von Munk nach der Abtragung des Gyrus sigmoideus, ein Befund, welchen später auch andere als richtig erhärteten.

Wenn man die Nasenhöhle eines Hundes auf der einen Seite reizt, so kommt es, wie Hitzig zuerst eruierte, zu synchronischem Lidschluß. Noch lebhafter ist dieser Lidschluß, wenn man mit der Fingerspitze die eine Nasenseite anschlägt. Das Auge spielt bei diesem Reflex keine Rolle, da er auch bei geblendeten Tieren auftritt. Hitzig nannte diesen Reflex Nasenlidreflex.

Unabhängig von Hitzig ist von mir der Nasenreflex beschrieben worden, welcher offenbar ein Analogon des Hitzig'schen Nasenlidreflexes darstellt.

Es handelt sich dabei um eine Reizübertragung vom Trigeminus auf den Facialis. Nach Hitzig's Versuchen geht dieser Reflex bei der Abtragung des motorischen Rindenfeldes verloren.

Wenn man, wie das Exner und Paneth taten, einem Hunde mit einem scharfen Holzsplitter unter der Wange kratzt, so kommt es zu einer Kontraktion des entsprechenden Mundwinkels. Dieser Reflex, welchem im allgemeinen eine große Beständigkeit zukommt, bleibt aus, wenn man das Facialisgebiet der Gehirnrinde exzidiert hat.

Mit analoger Sicherheit geht aus klinischen Befunden hervor, daß auch die Hautreflexe in näheren Beziehungen zu der sensitiv-motorischen Zone der Gehirnrinde stehen.

Pandi z. B. erkannte, daß es sehr nahe Beziehungen zwischen der Gehirnrinde und den Reflexen gibt, welche nach der Abtragung der Centralwindungen stets schwächer werden.[1])

Jendrassik und Geigel suchen das Centrum der Hautreflexe in der Rinde des Vorderhirns im Hinblicke darauf, daß die Hautreflexe stets gehemmt sind, wenn eine Unterbrechung ihrer Bahnen im Rückenmark oder in der inneren Kapsel stattgefunden hat. Auch die Abtragung der motorischen Centra führt zu einem Erlöschen der Reflexe, was einige (Ferrier) auf eine Paralyse der Motilität, andere (Munk) auf eine Paralyse der Sensibilität zurückführen.

Einige weitere Einzelheiten zur Frage der Lokalisation der Reflexe findet man bei Lenormand dargestellt.[2])

Ferner hat Munch-Petersen auf Grund klinischer Beobachtungen den Satz aufgestellt, daß das motorische Centrum der Hautreflexe in der Gehirnrinde und zwar in der Umgebung des Sulcus centralis zu suchen sein soll.[3]) Er fand bei einer Analyse der klinischen Erscheinungen, daß mit dem Erlöschen der Hautempfindungen jegliche Reflextätigkeit aufhört.

---

[1]) Pandi, Die phys. Bedeutung und d. klin. Wert d. cort. Reflexwege. Neur. Centr. 1897, Nr. 20.

[2]) P. Lenormand, Études sur la localisation des reflexes dans l'axe cérébro-spinale. Thèse de Paris. 1902.

[3]) H. Munch-Petersen, Die Hautreflexe und ihre Nervenbahnen. Deutsche Zeitschr. f. Nervenheilkunde 1902, Bd. 22, H. 3 u. 4.

Bei kortikaler Hyperästhesie beobachtet man eine erhöhte Reflexerregbarkeit. Das Gegenteil ist bei kortikaler Anästhesie der Fall. Nach Munch-Petersen ist also die Empfindung eine notwendige Vorbedingung des Zustandekommens der Reflexe.

Wenn also die Reflexauslösung unter Beteiligung von Empfindungen zu Stande kommt, so muß der sensible Teil des Reflexbogens unweigerlich sein Centrum in der Gehirnrinde haben.

Andererseits weist Munch-Petersen darauf hin, daß im individuellen Leben eines jeden Individuums die Ausbildung der Gehbewegungen und des Fußsohlenreflexes gleichzeitig und parallel mit einander sich vollzieht. Im 12. Lebensjahre verhält sich das Gehvermögen und der Plantarreflex schon ganz so, wie beim Erwachsenen. Bei Kranken findet man in jedem Fall eine Korrespondenz zwischen der gewöhnlichen Haltung der großen Zehe beim Gehen und dem Fußsohlenreflex. Bei Kranken, welche beim Gehen den dorsalen Typus der Großzehhaltung aufweisen, kommt es auch zur Dorsalflexion der großen Zehe bei der Auslösung des Fußsohlenreflexes; besteht aber beim Gehen der plantare Typus der Großzehhaltung, dann nimmt die große Zehe auch beim Fußsohlenreflex eine analoge bezw. plantarwärts gerichtete Lage ein.

Diese Übereinstimmung zwischen Fußsohlenreflex und Gehbewegungen führt zu der Annahme eines motorischen Centrums für diesen Reflex in der Rinde der Umgebung des Sulcus Rolando. Gleiches gilt offenbar auch für die übrigen Hautreflexe. Alles spricht also, wie Munch-Petersen weiter ausführt, dafür, daß sowohl die motorischen, wie die sensiblen Centra der Hautreflexe im allgemeinen in der Rinde des Vorderhirns im allgemeinen in der Rinde des Vorderhirns ihre Lage haben müssen.

Crocq faßt den plantaren Beugereflex als Rindenreflex auf. Der Streckreflex aber und der allgemeine Abwehrreflex des Fußes soll spinalen Ursprungs sein.[1])

Wie Walton glaubt, sind die Unterschiede im Verhalten der Haut- und Sehnenreflexe bei den verschiedenen Cerebral- und Spinalaffektionen durch die bloße Annahme spinaler und cerebraler Centra allein nicht erklärbar.[2]) Im Gegenteile, alle vorhandenen Erscheinungen weisen darauf hin, daß für jeden einzelnen Reflex nicht ein, sondern mehrere Centra zu unterscheiden sind. Die primitiven Centra für die Reflexe liegen ursprünglich im Rückenmark. Aber in der aufsteigenden Tierreihe, sowie in der ontogenetischen Entwicklung des Menschen rückt ein Teil dieser Centra aufwärts bis an die basalen Teile des Gehirns (Sehnenreflexe) und bis an die Gehirnrinde (Hautreflexe). Je weiter diese Centra cerebralwärts hinaufrücken, um so mehr begeben sich die niederen Centra ihrer Unabhängigkeit. Aber im Falle eines Ausfalles der höheren Centra gewinnen die niederen ihre Selbständigkeit wieder. Für die Sehnenreflexe kommt außerdem der Reflextonus als Faktor in Betracht.

Wenn nun die Gehirnrinde unzweifelhaft einen Einfluß auf die Hautreflexe ausübt, so fällt, wie mir scheint, in Beziehung auf die

---

[1]) Crocq, Réflexe plantaire cortical et réflexe plantaire médullaire. Journ. de Neur. 1902.

[2]) G. Z. Walton, The localisation of the reflex mechanism. The Journ. of nerv. and ment. dis. 1902, Nr. 6.

Schmerzreflexe allgemeinen Charakters den Rückenmarkscentren die Hauptrolle zu. Denn die totale Unterbrechung des Rückenmarkes, des Gehirnstammes und der subkortikalen Gehirnregion hebt wohl die Tastreflexe auf und bewirkt eine Abschwächung bezw. eine Vernichtung



Fig. 290.

Hund mit Zerstörung des linken Gyrus sigmoideus. Die linke (gesunde) Extremität wird beim Beklopfen der Nägel sofort unter den Rumpf gezogen; die rechte Pfote hat diesen Reflex nicht.

der lokalen Schmerzreflexe, unterdrückt aber nicht die allgemeinen Schmerzreflexe, wie z. B. das Abziehen der Extremität bei stärkeren äußeren Insulten und dergleichen.

Was die Hautreflexe auf schwächere Reize betrifft, wie z. B. der sog. Nagelreflex (entstehend bei einem leichten Schlage auf die Nägel der frei herabhängenden Pfote gegen den Haarstrich), so gehen diese

Reflexe nach Versuchen meines Laboratoriums stets verloren, wenn man die motorische Zone der Rinde abträgt (Fig. 290, 291).

Es können demnach von den Hautreflexen in der Gehirnrinde nur lokalisiert sein die Tastreflexe und die lokalen Schmerzreflexe, so-



Fig. 291.
Hund mit Zerstörung des linken Gyrus sigmoideus. — Bei einem Stich in die rechte (gesunde) Pfote wird diese flektiert und nach oben abgezogen. Die linke (affizierte) Pfote bleibt beim Stechen nach wie vor herabhängend.

wie die Haarreflexe (Glätten des herabhängenden Beines gegen den Haarstrich). Aber die Schmerzreflexe allgemeinen Charakters, wie z. B. die Abwehrreflexe, können in der sensitiv-motorischen Rindenzone nicht lokalisiert sein, sie werden vielmehr augenscheinlich durch tiefere Centra der Cerebrospinalachse übertragen.

Es unterliegt keinem Zweifel, daß in der Rinde des Vorderhirns auch die Centra einiger Reflexe zu suchen sind, welche durch die

höheren Sinneswerkzeuge (Auge, Ohr usw.) fortgeleitet wenden. Sicher ist dies zum mindesten bezüglich des reflektorischen Lidzwinkerns bei plötzlichen optischen Eindrücken oder bei drohenden Bewegungen vor den Augen. Dieser Reflex erlischt konstant nicht nur bei der Abtragung der Sehsphäre, sondern auch im Falle der Entrindung der motorischen Zone, ein sicherer Beweis dafür, daß das Centrum dieses Reflexes an einer entsprechenden Stelle des kortikalen Rindenfeldes gelegen sein muß.

Schon früher (1898) nachgewiesen wurde in meinem Laboratorium (Dr. Žukovski) der Einfluß der motorischen Rindencentra auf die natürlichen assoziativen Atmungsreflexe, und zwar auf folgende Weise. Zeigt man einem normalen Hunde seinen Erbfeind, die Katze, dann erfährt die Atmung des Hundes auffallende Veränderungen. Dieser typische Assoziationsreflex, der beim gesunden Tiere so leicht auftritt, verschwindet nun, wenn man die kortikalen Atmungscentra abträgt. Wir können in diesem Fall von einem „natürlichen" motorischen Assoziationsreflex reden, denn er entsteht auf natürlichem Wege infolge öfterer Begegnung des Hundes mit seinen Feinden.

Hund II.

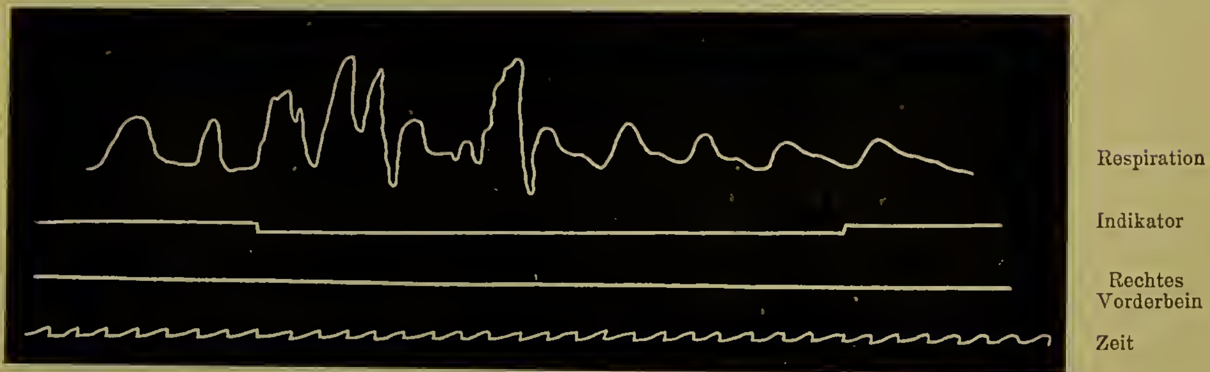


Fig. 292.
Bildung eines respiratorischen Assoziationsreflexes bei einem Ton von 600 Schwingungen, gegen welchen der Hund sich vorher indifferent verhielt.

Als unzweifelhaft geht aus obigem Versuche hervor, daß dieser Reflex von dem kortikalen Sehcentrum den Bewegungscentren übermittelt wird, deren Abtragung den Reflex aufhebt. Selbstverständlich muß auch schon die Stimme des Feindes eine gewisse Wirkung auf die Atmung haben.

Späterhin konnten wir nachweisen, daß auch künstliche Assoziationsreflexe auf die Atmung und auf die Bewegungssphäre überhaupt erzeugt werden können. Mittels meines besonders empfindlichen Pneumatographen mit Wasserübertragung und Registriereinrichtung ließ sich nachweisen, daß starke Schallreize (Pistolenschuß) beim Hunde eine inspiratorische Wirkung hervorruft. Verbindet man nun diesen Ton mit elektrischem Licht von mäßiger Stärke, welches keine merkliche Wirkung auf die Atmung hat, dann erzeugt schon der Lichtreiz allein nach einiger Zeit den Atmungsreflex.[1]) In den weiteren Versuchen ersetzten wir den Ton durch elektrische Reizung der Hautoberfläche, was sich als praktischer herausstellte.

[1]) W. Bechterew, Vortrag in d. Wissensch. Versamml. der Psychiatr. Klinik. April 1907.

Nachdem auf diese Weise die Erzielbarkeit künstlicher Atmungsreflexe beim Hunde nachgewiesen war (Fig. 292), ließen sich diese Reflexe in analoger Weise auch beim Menschen darstellen (Dr. Anfimov).

In der Folge gelang es, solche Reflexe auch in Gestalt von Extremitätenbewegungen künstlich hervorzurufen. Nachgewiesen wurde dies in meinem Laboratorium für Tiere (Dr. Protopopov) und für den Menschen (Dr. Molotov).

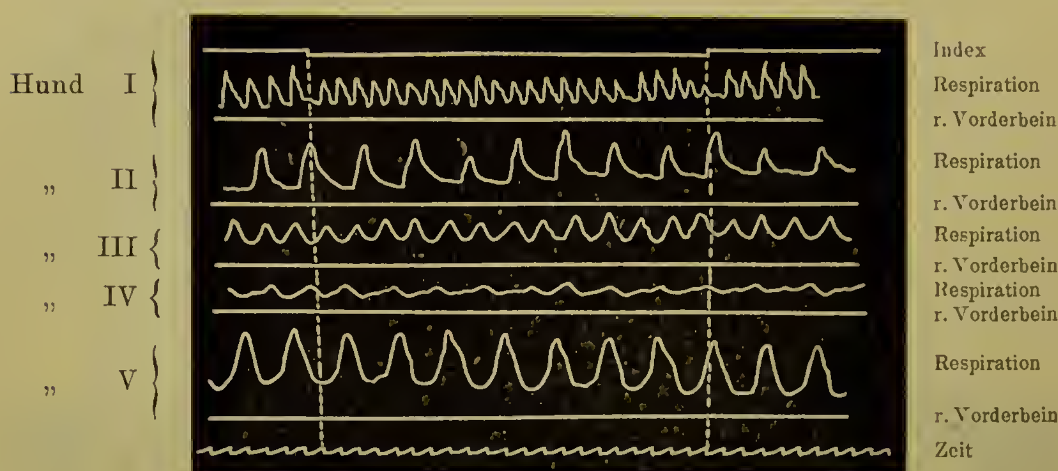


Fig. 293.

Reaktion beim Anklingen eines Tones von 564 Schwingungen. Es wurden fünf gesunde Hunde (I—V) untersucht. Oben gibt der Indikator die Tondauer für alle Hunde ab.

Hund II.

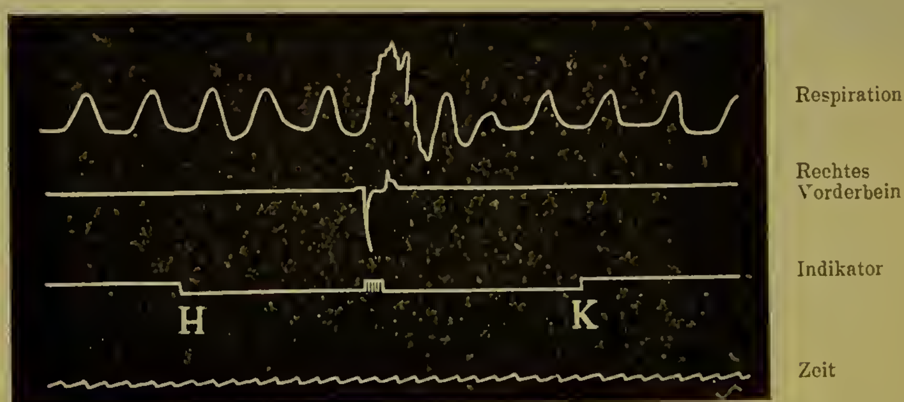


Fig. 294.

Reaktion beim Anklingen eines Tones von 600 Schwingungen und elektrischer Reizung vor Bildung des Assoziationsreflexes. Zwischen *H* und *K* Tonreizung; in der Mitte zwischen diesen beiden Buchstaben zeigt der Indikator die elektrische Stromreizung an.

Die Versuche wurden beim Hunde in folgender Weise angestellt. Man gewöhnt das Tier zunächst an ruhiges Stehen. Dann bringt man an einer Pfote Elektroden an behufs Reizung der Hautoberfläche. Eine andere Vorrichtung dient dazu, bei dem Tiere Extremitätenbewegungen hervorzurufen. Das Tier ist nun versuchsfertig. An seiner Brust wird

ein Apparat zur Atmungsregistrierung befestigt. Je nachdem, welchen Assoziationsreflex man hervorrufen will, wählt man akustische, mechanische, optische oder andere Reize, die man mit dem elektrischen Hautreiz verbindet. Man muß natürlich vorher nachsehen, ob bei elektrischer Reizung der gewöhnliche Reflex (Abziehen der gereizten Pfote) erfolgt und daß der assoziative Reiz weder Extremitätenbewegungen, noch auffallende Atmungsveränderungen hervorruft (Fig. 293). Nun schreitet man zur Reizassoziation. Man verbindet mit dem akustischen oder sonstigen Reiz, welcher eine gewisse Zeit (20 Sekunden) einwirkt, die elektrische Reizung der Pfote. Bei Eintritt der Stromwirkung wird das Tier unruhig, zieht die Pfote ab und macht tiefe Inspirationen, welche auf der rotierenden Trommel registriert werden (Fig. 294). Durch mehrfaches Wiederholen dieses Versuches erkennt man, daß der Reflex nach einiger Zeit sich beschränkt auf entsprechende Veränderungen der Atmung und Abziehen der Pfote; beides erfolgt fast ganz im Beginn der Einwirkung des assoziativen bezw. akustischen Reizes. Das ist ein sicheres Zeichen, daß der assoziative motorische Reflex entstanden ist.

Hund II.

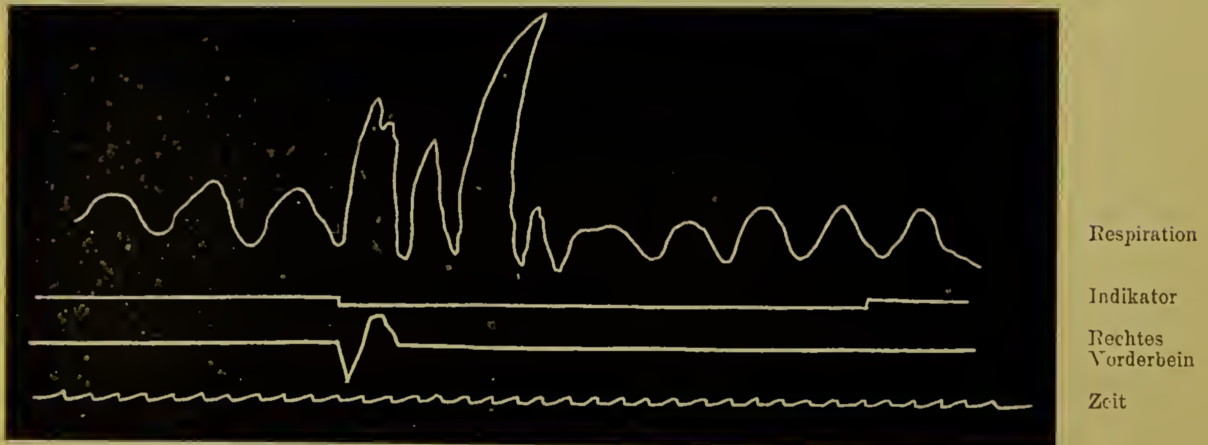


Fig. 295.
Assoziationsreflex der Atmung und der Extremität beim Anklingen eines Tones von 600 Schwingungen. Derselbe Hund, wie Fig. 294.

Man kann jetzt den elektrischen Hautreiz fortlassen und nur Tonreiz geben und das Tier zeigt dennoch Atmungsveränderungen und Pfotenbewegungen, trotzdem eine elektrische Reizung nicht mehr stattfindet (Fig. 295).

Ein solcher Assoziationsreflex erlischt anfangs schnell bei mehrfacher Wiederholung; wenn man ihn aber belebt oder durch erneute Assoziation mit dem gewöhnlichen elektrischen Reiz unterstützt, dann wird er immer stabiler und stellt sich ohne Stromanwendung viele Male ein. Wenn er mit der Zeit schwächer wird oder gar erlischt, so kann er durch Anwendung von Stromerzeugung wieder belebt werden.

Das Studium dieser assoziativen motorischen Reflexe in meinem Laboratorium (Dr. Protopopov) hat nun gezeigt, daß wenn man beim Hunde einen solchen assoziativen Atmungs- und Pfotenreflex auf Ton gebildet hat, dieser gänzlich verschwindet, wenn man die motorischen

Centra dieser Pfote in der kontralateralen Hemisphäre abträgt. Nach dieser Operation (Fig. 296) gelingt es nicht mehr, den endgültig erloschenen Reflex zu beleben oder neuzubilden. Dieses Erlöschen des

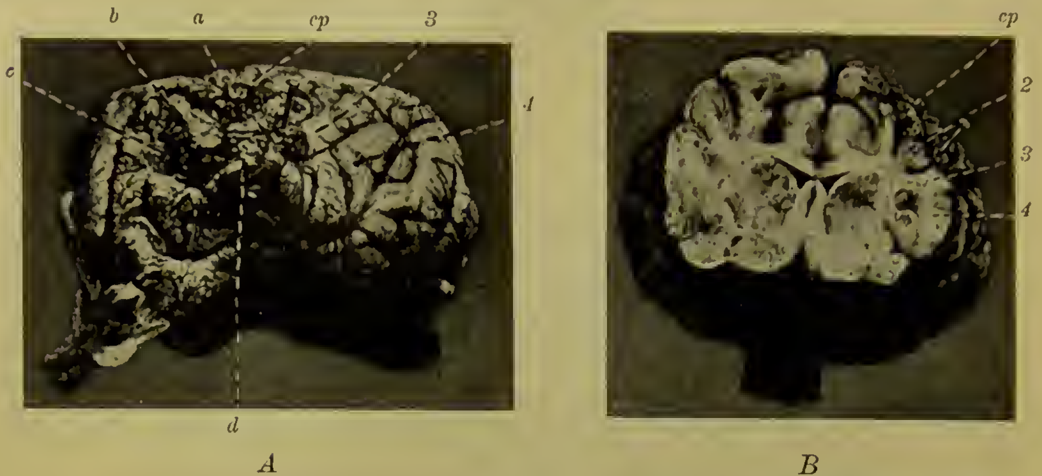


Fig. 296.

Zerstörung der motorischen Beincentra der linken Hemisphäre vom Hunde. *A* Aufnahme des Gehirns in der Ansicht von links, *B* Querschnitt dieses Gehirns in der Höhe des Sulcus cruciatus. — Die Läsionsstelle ist deutlich erkennbar.

a Centrum der vorderen Extremität; *b* Centrum für die Atmung (inspiratorisch, verlangsamend); *c* bewirkt Beschleunigung des Rhythmus der Atembewegungen; *d* wirkt exspiratorisch verlangsamend; *cp* Gyrus centralis posterior; *2*, *3*, *4* Primärwindungen.

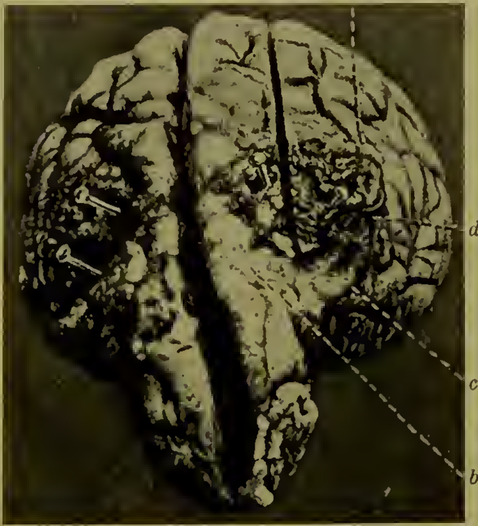


Fig. 297.

Ansicht des Gehirns von oben. — Die Punkte, deren Reizung Extremitätenbewegungen bewirkt, werden durch Nadeln angezeigt. Die obere Nadel ist am Orte der Centra der hinteren Extremität eingestochen, die untere am Orte der Centra für die vordere Extremität.

b, *c*, *d* gewöhnliche Lage der Atmungscentra (*b* und *c* sind von der Läsion völlig verschont worden). Die an der linken Hemisphäre sichtbare Längsspalte hat sich nach der Sektion als Folge eines besonderen Schnittes gebildet.

Reflexes ist wohl definitiv; denn das operierte Tier wurde 6 Monate bezüglich der Reflexbildung an der gleichen Pfote untersucht (Gesamtzahl der Assoziationen etwa 500), jedoch mit vollkommen negativem Resultat. Leicht dagegen gelang es, an der anderen Extremität den assoziativen Reflex zu erzeugen, während der Atmungsreflex nicht mehr gebildet werden konnte.

Dabei bemerkte man während jener zahlreichen Versuche, daß das Tier auf Ton durch andere Bewegungen reagierte; unter anderem zeigte sich Atmungshemmung und Abwehrbewegungen der kontralateralen Extremitäten, an denen ein Reflex nicht ausgebildet wurde und eine Reizung nicht stattfand. Das sind kompensatorische assoziativ-reflektorische Bewegungen, offenbar bedingt durch Wirkung anderer, unversehrt gebliebener Centra.

Werden nun nach Erzeugung eines assoziativen Reflexes auf Ton

die motorischen Rindencentra beiderseitig zerstört, dann kommt es natürlich nicht zur Entstehung kompensatorischer Reflexe, noch zur Ausbildung solcher an der kontralateralen Extremität. Nach unvollständiger Zerstörung der motorischen Zone jedoch wird nach einiger Zeit (infolge von Restitution der motorischen Centra auf Kosten der unversehrt gebliebenen Teile, Fig. 297) eine Restitution der assoziativ-motorischen Reflexe möglich, wie dies aus einem der Versuche meines Laboratoriums (Dr. Protopopov) hervorgeht. Doch erscheint dabei anfangs der assoziative Reflex mehr oder weniger allgemein (Phonation, allgemeine motorische Aufregung, mannigfaltige Extremitätenbewegungen) und beschränkt sich erst allmählich auf Atmung und Extremität (Fig. 298).

Hund I.

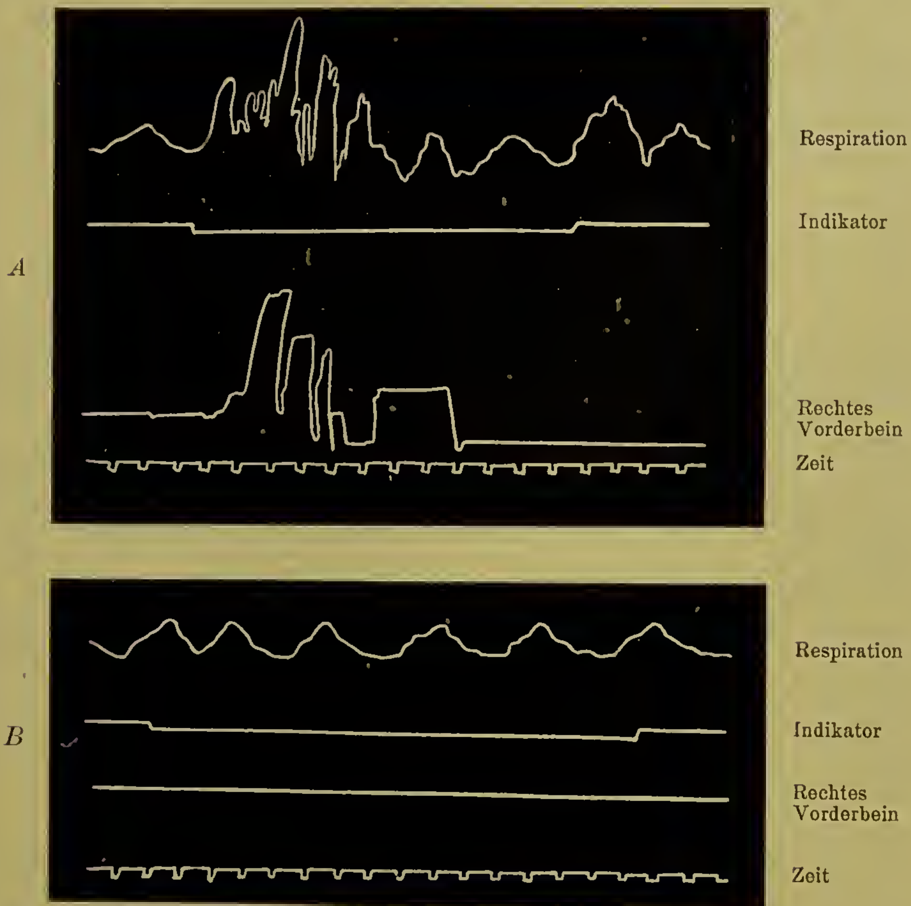


Fig. 298.

A Wiederkehr des Assoziationsreflexes nach partieller doppelseitiger Zerstörung der motorischen Rindencentra auf einen entsprechenden Ton.
B Fehlen des Assoziationsreflexes bei demselben Hunde auf einen Fremdton.

Aus allen diesen Befunden geht als zweifellos hervor, daß die assoziativ-motorischen Reflexe, welche in der Natur durch die allerverschiedensten Reize (akustische, optische, mechanische usw.) zu Stande kommen, unter Vermittlung kortikaler motorischer Centra ausgelöst werden.

IV.

Die motorischen Rindencentra des Auges.

Man erzielt, wie schon früher bemerkt wurde, von der Gehirnrinde aus mittels Stromreizung nicht allein gesonderte Gliedmaßenbewegungen, sondern eine Reihe assoziierter Bewegungsakte, so z. B. bestimmte Bewegungen der Augäpfel, Veränderungen des Zustandes der Pupillen und der Akkommodation, Respirationsbewegungen, Phonation, Kau- und Schluckbewegungen, sowie gewisse motorische Erscheinungen von Seiten der inneren Körperorgane, so z. B. der Verdauungswege, des uropoëtischen Systems, des Herzens, des Gefäßsystems usw.

Diese Verhältnisse sind auf den folgenden Blättern nun näher zu verfolgen.

In erster Linie werde ich hier die Rindencentra betrachten, welche für die Bewegungen der Augäpfel und für die Augenmuskulatur überhaupt von Bedeutung sind.

1. Die Rindencentra der Augapfelbewegungen.

Die Augenbewegungen stellen sich unter gewöhnlichen Verhältnissen als eine Gruppe assoziierter Muskelkontrationen dar, welche zu Deviationen der Augäpfel nach den Seiten hin, nach oben, nach unten oder zu Rollbewegungen des Auges führen.

Dabei findet unter normalen Bedingungen eine Assoziation der Augenbewegungen mit Kopfdeviationen statt, welche in diesem Falle bezüglich der Augendeviation gewissermaßen die Bedeutung akzessorischer Bewegungen gewinnen.

Da die Augenbewegungen nicht selten willkürlich zu Stande kommen, so müssen sie, analog dem Verhalten anderer Bewegungsapparate, durch ein besonderes Centrum vertreten sein und zwar in der sogenannten motorischen Zone der Gehirnrinde.

Daß dies sich in der Tat so verhält, bezeugt das Tierexperiment.

a) Literarische Angaben.

Schon Fritsch und Hitzig erzielten Augenbewegungen durch elektrische Reizung jenes Teiles des Gyrus suprasigmoideus, welcher dem hinteren Teil der zweiten Windung an der Grenze der vorderen Centralwindung entspricht.

Bei Gelegenheit von Reizungen der Gehirnrinde des Hundes vor dem Sulcus cruciatus am Orte der ersten äußeren Windung beobachtete zuerst Ferrier Öffnen beider Augen mit Erweiterung der Pupillen, sowie eine Deviation der Augen und des Kopfes nach der entgegengesetzten Seite. In einzelnen Fällen bemerkte Ferrier dabei Konvergenz der Augen mit Pupillenerweiterung.

Auch bei der Reizung der erwähnten Stellen des Gehirns anderer Tiere fand Ferrier Bewegungen der Augäpfel, verbunden mit Kopfdeviationen. In dieser Beziehung kommen namentlich die an Affen

verfolgten Erscheinungen der Rindenreizung als bemerkenswert in Betracht. Ferrier beobachtete bei der Reizung des hinteren Teiles der oberen und mittleren Stirnwindung der Affen Öffnen der Augen, Erweiterung der Pupillen und Deviation der Augen und des Kopfes nach der entgegengesetzten Seite.

Nach der Ansicht Ferrier's sind diese Centra als motorisch zu betrachten, da nicht nur ihre Reizung von Augenbewegungen gefolgt wird, sondern auch ihre Zerstörung Lähmungserscheinungen bewirkt. So z. B. beschreibt Ferrier einen Fall[1]), wo er bei einem Affen beide Centralwindungen mit Ausnahme ihres obersten und untersten Stückes, den Fuß der oberen Stirnwindung und den vorderen Teil des Gyrus angularis zerstört hatte; es bestand bei diesem Affen im Anschlusse daran Hemiplegie und Deviation der Augen und des Kopfes nach der lädierten Seite. — Zu erwähnen ist hier noch, daß Ferrier bei der Abtragung des Stirnlappens eine Deviation der Augen und des Kopfes nach der Seite der Läsion und ein Herabsinken des kontralateralen Augenlides mit Zusammenziehung der Pupillen eben dieses Auges beobachtete; bei der Zerstörung beider Stirnlappen dagegen fand sich Paralyse der Augen- und der Kopfbewegungen.

Nach der Meinung Ferrier's dient das bezeichnete Centrum dem Tier zum Ausdrucke der Aufmerksamkeit, da das Tier bei der Seitwärtsdrehung der Augen und des Kopfes den Eindruck macht, als werde es nach dieser Richtung hin besonders aufmerken.

Gemäß dem von Ferrier mitgeteilten Schema der Rindencentra des Menschen muß das Centrum der Augenbewegungen im hinteren Abschnitt der zweiten Stirnwindung gelegen sein.

Am Fuße der ersten und eines Teiles der zweiten Stirnwindung, bemerkt Ferrier hierüber bei einer späteren Gelegenheit[1]), findet sich bei den Affen ein Centrum, dessen Reizung ein Erheben der Lider, Erweiterung der Pupillen und Deviation der Augen und des Kopfes nach der dem Reize entgegengesetzten Seite bewirkt. Bei schwächerer Reizung der bezeichneten Stelle kommt es nur zu einer Erhebung der Augenlider.

Die Frage, inwiefern die Centra der Augenlider von den Centren der Augenbewegungen sich trennen lassen, ist auf Grund des experimentellen Befundes allein mit positiver Sicherheit schwer zu entscheiden. Die klinische Erfahrung spricht übrigens dafür, daß diese Centra an verschiedenen Stellen der Gehirnrinde lokalisiert sein müssen, da in manchen Fällen Paralyse der Lidmuskulatur ohne gleichzeitige Paralyse der Augenbewegungen vorkommt, ein Zustand, welcher unmöglich auf periphere Nervenaffektionen zurückführbar ist.

Man hat auf Grund klinischer Fälle von Rindenaffektionen versucht, das Centrum für die Lidmuskeln im Gyrus angularis zu lokalisieren. Allein diese Versuche erweisen sich als verfehlt und entsprechen dem Ergebnis des Tierexperimentes nicht.

Wenn, fährt Ferrier fort, ein besonderes Centrum für die Lidmuskulatur vorhanden ist, dann wird es mit größter Wahrscheinlichkeit in der motorischen Zone der Rinde zu suchen sein.

---

[1]) Ferrier, The Functions of the brain. 1886.
[2]) Ferrier, Die Lokalisation der Gehirnkrankheiten.

Die Reizung des Gyrus angularis und seiner Umgebung bewirkt freilich ein Erheben des Augenlides, aber FERRIER glaubt diese Bewegung als Reitbahnbewegung, bedingt durch eine Reizung des Sehcentrums, betrachten zu müssen. Zu Gunsten dieser Auffassung spricht u. a. die Tatsache, daß die Abtragung des Gyrus angularis der Affen weder eine Paralyse der Lidmuskeln, noch einen paralytischen Zustand der Pupillen nach sich zieht.

Beim Hunde lokalisiert Pilz ein besonderes frontales Augencentrum im hinteren Teil des Stirnlappens vor dem Sulcus cruciatus und hinter dem Sulcus praecruciatus in 1 cm Abstand von der Längsspalte des Gehirns.

Ferner beobachteten HORSLEY und SCHÄFFER bei den Affen seitliche Augendeviationen mit Drehung des Kopfes nach der gleichen Richtung bei der Reizung des Stirnlappens vor dem Sulcus praecentralis.[1])

Volle Beachtung verdienen sodann die Befunde von MOTT und SCHÄFFER auf Grund von Versuchen an Affen, welchen der Stirnlappen mit dem faradischen Strom zerstört wurde.[2]) Es ergab sich dabei, daß die Zone, welche im Stirnlappen vor dem Sulcus praecentralis belegen ist, in drei Felder eingeteilt werden kann: 1. Ein oberes am Innenrande der Hemisphäre, dessen Reizung Augenbewegungen nach der entgegengesetzten Seite und nach unten bewirkt, 2. ein mittleres, dessen Reizung Augenbewegungen in seitlicher Richtung hervorruft, und 3. ein unteres, bei dessen Reizung man Augenbewegungen nach der entgegengesetzten Seite und nach oben erzielt. Wenn man eines dieser Felder zerstört, dann können von den beiden anderen aus noch die entsprechenden Augenbewegungen erzielt werden. Bei der gleichzeitigen Reizung dieser Felder an beiden Hemisphären kommt es zu paralleler bezw. leicht konvergierender Einstellung beider Augäpfel.

Bekanntlich bewirkt auch die Reizung der Occipitalrinde ganz analoge Augenbewegungen, wie im folgenden noch näher ausgeführt werden wird. MOTT und SCHÄFFER haben in ihren Versuchen gefunden, daß die frontale Region der Augenbewegungen einen höheren Grad der Erregbarkeit hat; denn falls man die Elektroden gleichzeitig an die Stirnregion der einen Seite und an die Hinterlappenregion der anderen Seite appliziert, so bedarf es zur Erzielung einer parallelen Augachseneinstellung einer im Hinterhauptlappen stärkeren Stromreizung als am Stirnlappen.

Auch BEEVOOR und HORSLEY haben, gleichfalls an Affen, nachgewiesen, daß nahezu in ganzer Länge des Stirnlappens in dem vor dem Sulcus praecentralis liegenden Gebiet der Stirnwindungen Centra für die Augen- und Kopfbewegungen vorhanden sind. Dabei regiert der alleroberste oder innerste Abschnitt dieser Region die Kopfbewegungen, der mittlere Abschnitt die Augen- und Kopfbewegungen, der untere bezw. äußere nur die Augenbewegungen.

Jedes dieser Felder zergliedern BEEVOR und HORSLEY noch weiter in kleinere Bezirke, deren Reizung verschiedene Augenbewegungen erzeugt; aber in allen Fällen überwiegt dabei die seitliche Ablenkung

---

[1]) HORSLEY and SCHÄFFER, A record of exper. upon the fonctions of the cerebral cortex. Phil. trans. 1888. V. 179.

[2]) MOTT and SCHÄFFER, On associated eye-movements produced by cortical faradisation of the monkey's brain. 1890.

der Augäpfel. Außerdem erzielte man Bewegungen der Augen nach der Seite und nach oben, Deviation der Augäpfel nach der Seite und nach unten unter Konvergenz der Augen usw.

Im ganzen zählen BEEVOR und HORSLEY bis zu 50 verschiedene Centren für die Augen- und Kopfbewegungen.[1])

RUSSEL bediente sich behufs eingehenderer Darstellung der Lokalisation der Rindencentra für die verschiedenen Augenbewegungen der Durchschneidung einzelner Augenmuskeln (so z. B. des Rectus medialis des einen Auges und des Rectus lateralis des anderen Auges); im Anschluß daran erst schritt er zur Reizung der Gehirnrinde. Er erzielte auf solche Weise Augenbewegungen nach oben und nach unten. Ohne Durchschneidung der Augenmuskeln beobachtete er, gleich anderen Forschern, die seitliche Deviation der Augenmuskeln, dann Bewegungen der Augäpfel nach der Seite und nach oben, Bewegungen der Augäpfel nach der Seite und nach unten, sowie Konvergenz der Augen.

Die hinzugehörigen Rindencentra lokalisiert RUSSEL sämtlich vor dem Sulcus praecentralis, ungefähr in der Mitte zwischen dem inneren und äußeren Rande des Hirns.

Das am meisten medial gelegene Centrum bewirkt Augenbewegungen nach oben; dahinter findet sich ein Centrum für die Augenbewegungen nach unten; dann nach außen von jenem folgt ein Centrum für die Bewegungen des Auges nach oben und nach der entgegengesetzten Seite. Noch weiter lateralwärts von dem vorigen Centrum findet sich ein Centrum für die Konvergenz der Augen. Am meisten laterale Lage hat das Centrum für die Augenbewegungen nach der entgegengesetzten Seite und nach unten.

Augenbewegungen nach der Seite der gereizten Hemisphäre erhält man selten und inkonstant.

Bei der Zerstörung der einzelnen Centra für die Bewegungen der Augäpfel ergaben sich Störungen ihrer Motilität, zum größten Teil in Gestalt einer Deviation der Augäpfel nach der Seite der Läsion. Doch zeichneten sich diese Erscheinungen nicht durch große Dauer aus und verschwanden gewöhnlich mit der Zeit.[2])

In einer anderen Untersuchung über diesen Gegenstand berichtet RUSSEL über seine Ergebnisse an Hunden und Katzen.[3])

Der Versuch an diesen Tieren ergab Resultate, welche im allgemeinen mit den an den Affen gewonnenen übereinstimmten. Auch bei diesen Tieren liegen nämlich, wie RUSSEL ausführt, die Centra der Augenbewegungen im Stirnlappen vor dem Sulcus cruciatus. Im Falle der Unversehrtheit aller Augenmuskeln (s. oben) bewirkt die Reizung dieser Centra eine seitliche Deviation beider Augen nach der entgegengesetzten Richtung. Im Falle der Durchschneidung des M. rectus internus auf der entsprechenden und des M. rectus externus auf der anderen Seite erzeugte die Reizung des erwähnten Centrums Bewegungen beider

---

[1]) HORSLEY and BEEVOR, A further min. Analysis by electric stimulation of the so called motor region of the cortex cerebri in the monkey. Philosoph. Transactions 1888, Vol. 179.

[2]) R. RUSSEL, An experim. investigation of eye movements. The Journal of physiology 1894—1899, Vol. 17.

[3]) R. RUSSEL, Further researches on eye movements. The Journal of physiology 1894—1895, Bd. 12.

Augen nach oben. Wenn man nur den M. rectus externus des kontralateralen Auges durchschnitt, so erfolgte bei der Reizung des Rindencentrums der Augenbewegungen eine Deviation des kontralateralen Auges nach oben und des homolateralen Auges nach der der Reizung entgegengesetzten Seite. Wurde außerdem der M. rectus superior durchschnitten, dann bewegen sich die Augen bei der Reizung des genannten Rindencentrums in der Richtung nach oben.

Grünbaum und Sherrington fanden auch bei den menschenähnlichen Affen ein Feld im Stirnlappen, dessen Reizung assoziierte Augenbewegungen zur Folge hatte. Dieses Rindenfeld war, wie auch bei anderen Tieren, durch einen unerregbaren Streifen von der übrigen motorischen Zone der Gehirnrinde abgegrenzt.

Starling beschäftigte sich mit der Frage, ob die Augenbewegungen oder die Kopfbewegungen, welche man bei der Reizung der Nackenregion erhält, als die primären aufzufassen sind. Er erkannte, daß man Augenbewegungen hierbei stets schon mit schwächeren Strömen erzielt. Dieser Befund konnte aber auch darauf beruhen, daß die Augenbewegungen stets früher auffallen, als andere Bewegungen. Er wandte sich daher zu Untersuchungen an Neugeborenen; hier treten die ersten Kopfbewegungen, wie er feststellte, schon am 8. Tage auf, während Augenbewegungen erst am 22. Tage zu beobachten sind. Er nimmt daraufhin an, daß die Augenbewegungen bei der Reizung der Nackenregion eine assoziative Entstehungsweise haben.[1])

In Sherrington's bemerkenswerten Untersuchungen an Affen handelte es sich, wie schon früher erwähnt wurde, um die vorherige Durchschneidung des N. oculomotorius und N. trochlearis des einen Auges. Die Reizung des frontalen Augenbewegungscentrums der entsprechenden Hemisphäre bewirkte nun Bewegungen beider Augen nach der entgegengesetzten Seite, wobei auch das Auge auf der Seite der Nervendurchschneidung bis an die Mittellinie gelangte. Dieser schon früher angeführte Befund bezeugt die hemmende Wirkung der Rindenreizung auf den Tonus des N. abducens. — Eine gleiche Hemmungswirkung nimmt Sherrington, wie hier nicht unbemerkt bleiben darf, auch in Beziehung auf das occipitale Augenbewegungscentrum an, doch hat sich diese Annahme bei den einschlägigen Untersuchungen meines Laboratoriums (Prof. Gerver) nicht als zutreffend herausgestellt.

Außerdem konstatierte Sherrington eine analoge Hemmungswirkung auch bei der Reizung bestimmter Teile des Stabkranzes, der inneren Kapsel und des Gehirnbalkens.

Analoge Erscheinungen fanden sich auch beim Hunde mit Durchschneidung des N. oculomotorius und N. trochlearis des einen Auges, und zwar selbst bei willkürlichen Augenbewegungen. Blieb z. B. ein Hund mit durchschnittenem N. oculomotorius und N. trochlearis am Leben, so beobachtete man, wenn der Hund den Blick nach rechts wandte, gleichzeitig mit der Außenbewegung des rechten Auges eine Einwärtsbewegung des linken Auges. Daraus erhellt, daß es bei der Erregung des einen Abducens zu einer Hemmung der Tätigkeit des anderen Abducens kommt und umgekehrt.

---

[1]) W. Starling, Hirnrinde und Augenbewegungen. Archiv f. Anat. u. Phys. Phys. Abt. VI, S. 487.

Topolânski studierte den Zustand der Innervation der Augenmuskeln[1]), wenn deren Antagonisten mittels Reizung im Erregungszustande sich befinden. Er enucleierte zu diesem Ende beim Kaninchen einen Augapfel unter Zurücklassung der Insertionsstellen der Muskeln, welche er nach entsprechender Freilegung mit dem Registrierapparat in Verbindung brachte. Er erzielte dabei Bewegungen der Augäpfel von der gleichen Stelle aus, wie Ferrier, aber er brauchte sehr starke Ströme zur Erzielung einer Wirkung; auch erwies sich das Reizgebiet als nicht ganz konstant. Bei seinen Untersuchungen erkannte Topolânski ferner, daß die Kontraktion des M. rectus medialis früher eintritt und später aufhört als die Kontraktion des M. rectus lateralis. Bei schwacher Reizung kontrahierte sich jedoch nur der M. rectus medialis, die Recti laterales kontrahierten sich dabei gar nicht. Danach würde, wie hier angenommen wird, der M. rectus medialis leichter erregbar sein als der M. rectus lateralis. Außerdem beobachtete man bei der Kontraktion des M. rectus medialis eine Abnahme des Tonus seines Antagonisten, d. h. des M. rectus lateralis und umgekehrt trat bei der Kontraktion des M. rectus lateralis eine Abschwächung des Tonus des M. rectus medialis ein.

Es fällt im Hinblicke auf alle diese Befunde auf, daß einige Beobachter, welche in ihren Mitteilungen diese Verhältnisse berühren, wie z. B. Werner (aus Ziehen's Laboratorium) an dem Bestehen besonderer Rindencentra für die Augenbewegungen Zweifel hegen. Werner erklärte jene Augenbewegungen, welche Ferrier bei der Reizung des Stirnlappens fand, durch den Einfluß starker Ströme oder als Bewegungen reflektorischer Natur. Er selbst hat in keinem einzigen seiner Versuche Augenbewegungen beobachtet. Er beruft sich dabei auch auf das negative Ergebnis von Kusik bezüglich der Centra für die Augenbewegungen und der Centra für den Rumpf im Stirnlappen.[2]) In einem der Versuche ergab ihm übrigens die Reizung hinter dem Sulcus cruciatus Augenbewegungen, welche, wird nicht gesagt. Werner nennt diese Rindenstelle gleich Hitzig Augenfacialis. Aber hierbei handelt es sich offenbar um das parietale, nicht aber um das frontale Augenbewegungscentrum.

Auch Schwann erhielt bei der Reizung der Gehirnrinde keine Augenbewegungen mit Ausnahme jener Fälle, wo es bei den Versuchstieren zu allgemeinen Krämpfen kam. Er schloß daraus, daß in der Gehirnrinde Centra für die Bewegungen der Augäpfel nicht vorkommen.[3])

Szigethy bemerkte jedoch bei Versuchen am Kaninchen, daß die elektrische Reizung im Bereiche der entsprechenden Centralwindungen einen Tremor beider Augen hervorruft. Gleiches fand er auch bei der Bestäubung der Rinde mit Chlornatrium. Dagegen bewirkte die mechanische Reizung der Rinde des Vorderhirns und des Kleinhirns niemals Bewegungen der Augäpfel.[4])

---

[1]) Topolânski, Das Verhalten der Augenmuskeln bei centraler Reizung. Das Koordinationscentrum und die Bahnen für koordinierte Augenbewegungen. Arch. f. Ophthalmologie 1898, Bd. 49.

[2]) Kusik, Experimentelle Studien über die kortikale Innervation der Rumpfmuskulatur. Ges. Abh. d. med. Klinik zu Dorpat. 1893.

[3]) Schwann, Exper. Beitrag zur Lehre von den assoziierten Zwangsstellungen der Augen. Eckhard's Beiträge, Bd. IX.

[4]) Szigethy, Augenbewegungen nach Verletzungen des Nervensystems. Ung. Wiss. Akad. 1887. Centr. f. Phys. 1887.

Danillo endlich verlegt die Centra der Augenbewegungen nicht in die Gehirnrinde, sondern lokalisiert sie subkortikal. Nach seinen Angaben läßt sich vor dem Anfang des 5. Monats von der motorischen Zone aus nicht einmal die Region feststellen, von welcher aus Bewegungen der Augäpfel erzielbar sind.

b) Experimentelle Untersuchungsergebnisse.

Wegen des so auffallenden Auseinanderweichens der Ansichten über einen so bedeutungsvollen Gegenstand wie die Rindencentra der Augenbewegungen führe ich hier als Ergänzung zu den vorhin dargelegten Befunden auch das Ergebnis der Untersuchungen auf, welche nach dieser Richtung hin in meinem eigenen Laboratorium angestellt worden sind.

Schon bei meinen ersten Untersuchungen über die Gehirnrinde, welche aus der Mitte der 80er Jahre herrühren[1]), habe ich eingesehen, daß in der Hirnrinde des Hundes vor dem Sulcus cruciatus ein Centrum vorhanden ist, dessen Reizung eine Deviation beider Augen nach der entgegengesetzten Seite hin bewirkt.

Bei der Abtragung dieses Rindenfeldes an beiden Hemisphären beobachtete ich bei den operierten Tieren oszillierende Bewegungen der Augäpfel, die besonders dann lebhaft waren, wenn man die Versuchstiere beunruhigte.

Dr. Bary und Dr. Gerver erzielten in meinem Laboratorium durch Reizung der frontalen Teile der motorischen Zone ebenfalls Augenbewegungen.

Auch bei meinen späteren Versuchen an Affen habe ich ebenfalls erkannt, daß im hinteren Abschnitt des Stirnlappens Centra für die Augen- und Kopfbewegungen vorkommen.[2])

Wie sich ferner aus meinen weiteren hierbezüglichen Experimenten an Affen herausstellte, erhält man bei diesen Tieren vom hinteren Abschnitt des Stirnlappens aus eine Deviation der Augen und des Kopfes nach der entgegengesetzten Seite mit Öffnen der Augen und zwar erzielt man diese Bewegungen von einer außerordentlich weiten Rindenfläche aus (Fig. 299).[3])

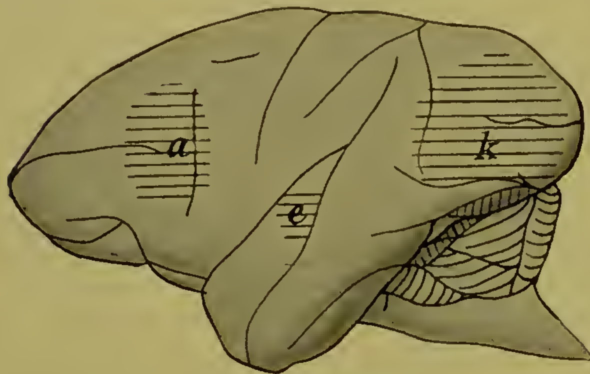


Fig. 299.
Gehirn von Macacus.
a frontales Augencentrum; *k* occipitales Augencentrum; *e* temporales Augencentrum.

Obwohl diese beiden Bewegungen am häufigsten zusammen auftreten, kann von einigen Stellen aus die eine Bewegung, von anderen Stellen aus die andere hervorgerufen werden.

[1]) W. Bechterew, Physiologie der motorischen Zone. Arhiv psihiatr. 1886—1887.

[2]) W. Bechterew, Über die Rindencentra der Affen. Obošrên. psihiatr. 1897, Nr. 6.

[3]) W. Bechterew, Über die Ergebnisse der Untersuchung der Erregbarkeit des hinteren Abschnittes des Stirnlappens. Nevrolog. vêstn. 1899, Bd. 7, H. 1.

So z. B. gelang es mir, von dem medialen Abschnitt des Stirnlappens aus bezw. vom hinteren Abschnitt der oberen Stirnwindung aus eine für sich bestehende Bewegung des Kopfes nach der entgegengesetzten Seite hervorzurufen, während die Reizung der mehr lateral befindlichen Stellen des Fußes der zweiten Stirnwindung zuweilen eine isolierte Deviation des Auges nach der entgegengesetzten Richtung ergab. Die Reizung der zwischen diesen beiden Feldern gelegenen intermediären Bezirke dagegen bewirkte eine gleichzeitige Deviation des Kopfes und der Augen nach der entgegengesetzten Seite.

In einzelnen Fällen gelang es mir außerdem, annähernd in der Mitte des in Rede stehenden Rindengebietes Deviationen der Augäpfel nach der entgegengesetzten Seite und nach oben und unten hervorzurufen.

Später habe ich dann bei den Affen im lateralen Abschnitt des Fußes der zweiten Stirnwindung ein besonderes Centrum für die Augendivergenz aufgefunden.

Dieses Divergenzcentrum findet sich im hinteren Teil des Stirnlappens nach hinten vom oberen Ende des unteren Drittels des Sulcus praecentralis annähernd im Niveau des dahinter in der vorderen Centralwindung belegenen Centrums für die Kieferbewegungen.

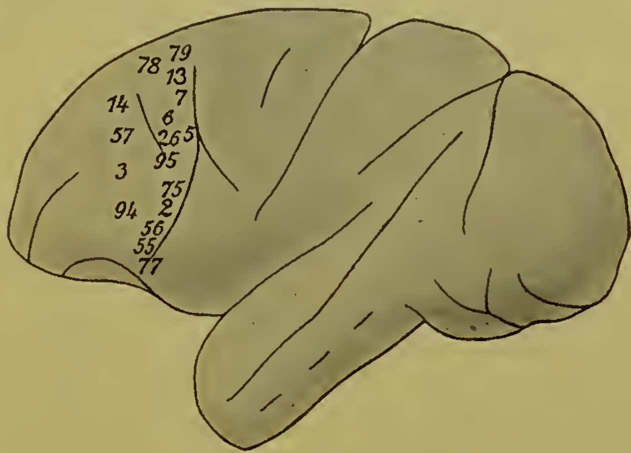


Fig 300.
Gehirn von Macacus.
Die Reizungsstellen sind durch Zahlen bezeichnet.

Die Reizung dieser Stelle bewirkt unter leichter Erhebung des oberen Augenlides und Erweiterung der Pupillen eine vollkommen deutliche Divergenz der Augen, welche dabei eine Stellung wie beim Sehen in die Ferne einnehmen (Fig. 300).

Nach allen diesen Befunden haben wir es hier mit einem besonderen Centrum für die aktive Augendivergenz zu tun, welches durch eigene Leitungsbahnen mit dem Abducenskern beider Seiten im Zusammenhange steht.

Es verdient Beachtung, daß die Augendivergenz in diesen Fällen von leichtem Erheben der Augenlider und Pupillenerweiterung begleitet wurde. Es handelt sich hier danach um assoziierte Bewegungsvorgänge, an denen nicht nur die äußeren Augenmuskeln mitwirken.

Es fragt sich nun: findet sich in den vorderen Hirnregionen auch ein spezielles Centrum für die Konvergenz der Augen?

Bei meinen Experimenten an Hunden beobachtete ich in einzelnen Fällen Augenkonvergenz bei der Reizung des mittleren Teiles vom hinteren Abschnitt des Stirnlappens vor dem Gyrus praecruciatus. In anderen Fällen jedoch blieben positive Ergebnisse nach dieser Richtung hin aus. Dies konnte man in der Weise erklären, daß die Centra der willkürlichen Konvergenz, falls sie in nächster Nähe der übrigen Augen-

bewegungscentra ihre Lage haben, im Vergleiche zu diesen weniger erregbar sind.

Wenn man jedoch die Abducenskerne des kontralateralen Auges zerstört oder den zugehörigen Muskel durchschneidet, so erkennt man, daß die Reizung des frontalen Centrums der seitlichen Augenbewegungen trotzdem keine Konvergenz der Augen bewirkt.

Reizt man dagegen die frontalen Centra der seitlichen Augenbewegungen beider Hemisphären zugleich, so kommt es, wenn auch nicht konstant, zu einer deutlichen Konvergenz der Augenachsen.

In einzelnen Fällen erhält man bei solcher gleichzeitigen Reizung der beiden frontalen Augenbewegungscentra Erscheinungen von Nystagmus, offenbar bedingt durch Konkurrenz der Nervenerregung der Centra für die seitliche Augendeviation.

Nach diesen Beobachtungen würde die Konvergenz der Augen sich als eine gemeinsame Funktion der Stirnlappen beider Hemisphären darstellen.

Was die Beziehungen der Augenbewegungscentra zu den verschiedenen Augenmuskeln im einzelnen betrifft, so sind hierüber auf meine Veranlassung Spezialversuche an narkotischen und nicht narkotischen Hunden in meinem Laboratorium durchgeführt worden (Dr. Gerver).[1] In einem Teil dieser Versuche handelte es sich um Reizung, in einem anderen Teil derselben um Zerstörung der Gehirnoberfläche; in einzelnen Fällen schritt man dabei auch zur Durchschneidung bestimmter Gehirnteile.

Die Reizung der Gehirnoberfläche geschah hier, wie gewöhnlich, mittels eines Du Bois Reymond'schen Schlittenapparates. Was die Bulbusbewegungen betrifft, so beobachtete man dieselben teils mit bloßem Auge, teils durch Registration mittels 6 cm langer Nadeln, welche 1 cm tief in den Glaskörper durch das Centrum der Hornhaut eingeführt wurden. An jeder Nadel wurde an gleicher Stelle ein Faden angebunden, welcher über einer Rolle an einen äußerst empfindlichen Strohhebel befestigt war. Die beiden Hebel, beschwert durch ein kleines Gewicht, ruhten auf einem gemeinsamen Stativ. Bei ihren Bewegungen fixierten die Enden der Hebel auf einem rotierenden Zylinder die Bewegungen der Augäpfel.

Es versteht sich von selbst, daß die Hebelenden mit dem Zylinder erst dann in Berührung gebracht wurden, wenn man den Kopf des Tieres entsprechend fixiert hatte und wenn die Augen des Versuchstieres nach vorne gerichtet waren. Daher bezeichnen die Hebungen und Senkungen der erhaltenen Kurven Augenbewegungen nach rechts und links, je nachdem, auf welcher Seite des Tieres das Stativ mit den Hebeln sich befand. Wenngleich die vertikalen Deviationen der Augäpfel (nach oben und nach unten) auf den Kurven nicht zur Registration gelangten, so erkennt man an denselben dafür den Anfang und das Ende jeder Bewegung; man sieht ferner, ob beide Augen sich gleichzeitig bewegten, ob ein Auge nachblieb; erkennbar aus den Kurven ist ferner die Ausgiebigkeit der seitlichen Deviation jedes Auges, das Vorhandensein von Nystagmus usw.

Indem ich nun zu einer Darstellung des Ergebnisses dieser Untersuchungen eingehe, beschränke ich mich zunächst auf jene Befunde, welche das Verhalten des frontalen Rindencentrums der Augenbewegungen betreffen.

Zunächst haben auch diese, wie einige frühere Untersuchungen dargetan, daß das Centrum der Bewegungen beim Hunde im vorderen Teil des Gyrus praecruciatus 1 cm nach außen vor der großen Längsspalte des Gehirns und unmittelbar nach hinten von der Fissura prae-

[1] Gerver, Inaug.-Dissert. St. Petersburg.

sylvia entsprechend der zweiten Primärwindung (Fig. 301) seine Lokalisation findet. Beim Hunde hat dieses Centrum eine Flächenausdehnung von etwa $^1/_2$ cm Durchmesser.

Bei der Reizung dieses Centrums mit Strömen von 12,5—15 cm R. A. erhielt man immer nur seitliche Bewegungen beider Augen nach der dem Reiz entgegengesetzten Richtung; dabei öffneten sich beide Augen und erweiterten sich die Pupillen. Mit Aussetzen des Reizes kehrten beide Augen schnell zu ihrer früheren Stellung zurück und die Pupillen nahmen ihre frühere Weite an.



Fig. 301.
Gehirn vom Hunde mit Eintragung der Augenbewegungsfelder *a*, *k*, *l*.

Reizte man anhaltend oder mit stärkeren Strömen, dann erfolgte außer der Augendeviation auch eine Ablenkung des Kopfes nach derselben Richtung. Manchmal kam es bei der Reizung des in Rede stehenden Centrums neben der Augendeviation zur Ausbildung von Nystagmus, welcher übrigens nicht immer an beiden Augen gleichmäßig ausgesprochen war. Dieser Nystagmus ist wohl als Ausdruck eines tetanischen Zustandes des in Rede stehenden Rindencentrums aufzufassen.

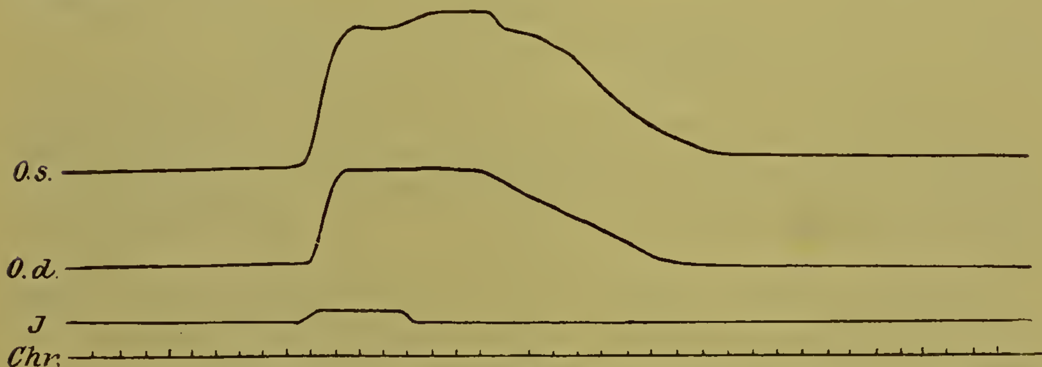


Fig. 302.
Kurve, erhalten bei Reizung des frontalen Feldes *a*.
O. s. linkes Auge; *O. d.* rechtes Auge; *J.* Indikator; *Chr.* Chronogramm.

Was nun die Frage betrifft, ob in der untersuchten Rindenregion außer Centren für die Augenbewegungen nicht auch Centra für die Kopfbewegungen vorkommen, so muß bemerkt werden, daß bei der Anwendung schwacher Ströme von diesem Rindenfelde aus nur Augenbewegungen erzielt werden konnten. Es ergab sich dabei, daß abwärts bezw. lateral von diesem Felde in dessen Nachbarschaft ein Bezirk vorliegt, dessen Reizung nur Kopfbewegungen nach der entgegengesetzten Seite bewirkt (Fig. 302). Offenbar finden sich also im vor-

deren Teil des Gyrus praecruciatus getrennte Centra für die Augenbewegungen sowohl, als für die Kopfbewegungen.

Beide Centra liegen zwar einander sehr benachbart, doch trennt sie ein Rindenstreifen, welcher im Falle der Reizung beider Augenbewegungen noch Kopfbewegungen ergibt. Wenn also von der Region der Atmungsbewegungscentra bei stärkerer Reizung auch Kopfbewegungen erzielt werden, so beruht diese Erscheinung auf Übergang von Stromschleifen von dem Augencentrum auf das benachbarte Centrum der Kopfbewegungen.

Die Umschneidung des beschriebenen Centrums bewirkt keinerlei Veränderungen des Reizungseffektes dieses Centrums; wohl aber hat die Unterminierung desselben den Erfolg, daß man den Strom erheblich verstärken muß, um noch eine entsprechende Wirkung zu erhalten. Bei der Abtragung des Centrums erzeugt die Reizung der darunter liegenden weißen Substanz ebenfalls Augenbewegungen; aber die Erregbarkeit der weißen Substanz erweist sich geringer, als die der grauen Substanz, da ihre Reizung nur bei stärkeren Strömen eine Wirkung ergibt.



Fig. 303.

Kurve, erhalten bei Reizung des frontalen Feldes *a* auf beiden Seiten.
O. s. linkes Auge; *O. d.* rechtes Auge; *J* Indikator.

In der Chloroformnarkose ging die Erregbarkeit des Augenbewegungscentrums sofort hochgradig herab, sodaß man nunmehr selbst mit starken Strömen keine Augapfelbewegungen von der Rinde aus hervorrufen konnte, während die Centra für die Extremitäten noch erregbar erschienen.

Dagegen sank die Erregbarkeit der subkortikalen weißen Substanz unter Einfluß des Chloroforms in einem viel geringeren Grade, als die Erregbarkeit des Rindencentrums der Augenbewegungen.

Wenn man sich daran erinnert, daß das Experimentieren an der Gehirnrinde gewöhnlich in der Narkose oder unmittelbar nach der Narkose vor sich geht, so liefern die dargelegten Befunde eine ungezwungene Erklärung dafür, wie es kommt, daß einige Beobachter von den frontalen Rindenpartien aus vergebens nach Augenbewegungen fahndeten. Es ergibt sich aber aus dem Obigen zugleich als sichergestellte Tatsache, daß die in diesen Fällen erzielten Augenbewegungen auf einer Reizung der Gehirnrinde selbst, nicht aber auf einer Reizung der subkortikalen weißen Substanz beruhen.

Die Abtragung des vorhin näher bezeichneten Rindenbezirkes bewirkt gewöhnlich eine Deviation der Augen in der Richtung der Läsion. Man erkennt zugleich das Bestehen einer deutlichen Abgrenzung der

kontralateralen Augenbewegungen bei den Versuchstieren. Die Deviation der Augen, sowie die Wiederherstellung ihrer Beweglichkeit hatte in den Versuchen durchweg eine Dauer von 4—10 Tagen.

Bei der gleichzeitigen Reizung dieser Augenbewegungscentra an beiden Hemisphären erhält man entweder gar keine Wirkung, oder man bemerkt nur einen geringfügigen Nystagmus; zuweilen kommt es zur Konvergenz beider Augen (Fig. 303). Die einseitige Abtragung des Centrums hat keinen Einfluß auf die Wirkung der Reizung des entsprechenden Bezirkes der anderen Hemisphäre. Auch die Durchschneidung des ganzen Balkens verändert nicht die Reizwirkung, welche man von diesen Rindenfeldern aus erhält und die in seitlicher Deviation beider Augen besteht.

Diese Befunde sprechen wohl dafür, daß in jeder Gehirnhälfte Centra für die Bewegungen bei den Augen lokalisiert sein müssen.

Es verdient bemerkt zu merken, daß es beim Hunde nicht gelingt, durch die Reizung des in Rede stehenden Rindenfeldes Bewegungen der Augen nach oben oder nach unten zu erzielen; man beobachtet, wie gesagt, nur Deviationen nach der entgegengesetzten Seite.

Die weiteren Reizungsversuche wurden mit der Durchschneidung der Augenmuskeln kombiniert.

Nachdem man durch Reizung der Rinde eine seitliche Deviation der Augen hervorgerufen, wurde in einigen Fällen der Rectus medialis auf der Reizseite und der Rectus lateralis auf der anderen Seite durchschnitten. Unter diesen Verhältnissen ergab, wie sich nunmehr herausstellte, die Reizung des gleichen Rindenbezirkes nicht mehr seitliche Augenbewegungen, welche jetzt infolge der vollzogenen Durchschneidung der zugehörigen Muskeln unausführbar geworden waren, sondern es kamen Augenbewegungen nach oben und nach unten zu Stande. In der Regel, wenn auch nicht immer, bewirkte die Reizung der oberen bezw. inneren Abschnitte des in Rede stehenden Rindenfeldes Augenbewegungen nach oben, die Reizung der unteren bezw. lateralen Abschnitte derselben Augenbewegungen nach unten. Offenbar bestehen in diesem Gebiet der Hunderinde einerseits Centra für die seitlichen Augenbewegungen, andererseits Centra für die Auf- und Abwärtsbewegungen der Augäpfel. Der Umstand aber, daß man bei Reizungen gewöhnlich seitliche Augendeviationen erzielt, ist ein deutliches Zeichen dafür, daß die Centra der Seitwärtsbewegungen in höherem Grade erregbar sind, als die Centra der übrigen Augenbewegungen.

Wurde ferner vorher der Kern des Abducens zerstört und dann das frontale Centrum der Augenbewegungen auf der anderen Seite gereizt, dann ließen sich in unseren Versuchen seitliche Augenbewegungen nicht mehr hervorrufen.

Man ersieht daraus, daß bei den seitlichen Augendeviationen die Hauptrolle nicht dem Kern des Oculomotorius, sondern dem Kern des Abducens zufällt.

Aus den Erscheinungen bei der Durchschneidung des Oculomotorius und Trochlearis des einen Auges ging in unseren Experimenten hervor, daß unter diesen Verhältnissen die Reizung des Augencentrums der entsprechenden Hemisphäre ebenfalls eine seitliche Deviation beider Augen nach der entgegengesetzten Richtung bewirkt, was in Übereinstimmung mit Sherrington's Angaben einen Beweis liefert nicht nur

für die erregende Wirkung des Augencentrums auf den Rectus externus des kontralateralen Auges, sondern auch für die hemmende Wirkung desselben auf den Rectus externus des homolateralen Auges.

In einer geringen Zahl von Fällen (in 3 von 46 Versuchen) gelang es uns nicht, durch die Reizung des Stirnlappens irgendwelche Bewegungen der Augäpfel hervorzurufen. Dies konnte in diesen Fällen entweder von ungünstigen, bisher noch unaufgeklärten Erregbarkeitsverhältnissen abhängen oder vielleicht auch durch eine gewisse Inkonstanz des hier betrachteten Centrums bedingt sein.

Wie alle anderen kortikalen Bewegungscentra können auch die Centra der Augenbewegungen zum Ausgangspunkte der Entstehung epileptischer Anfälle werden. Die Krämpfe setzen in diesen Fällen ein mit seitlichen Augenbewegungen nach der der gereizten Hemisphäre entgegengesetzten Richtung, verbunden mit hochgradigem Nystagmus, ein Zustand, welcher während der ganzen Dauer des epileptischen Anfalles anhält.

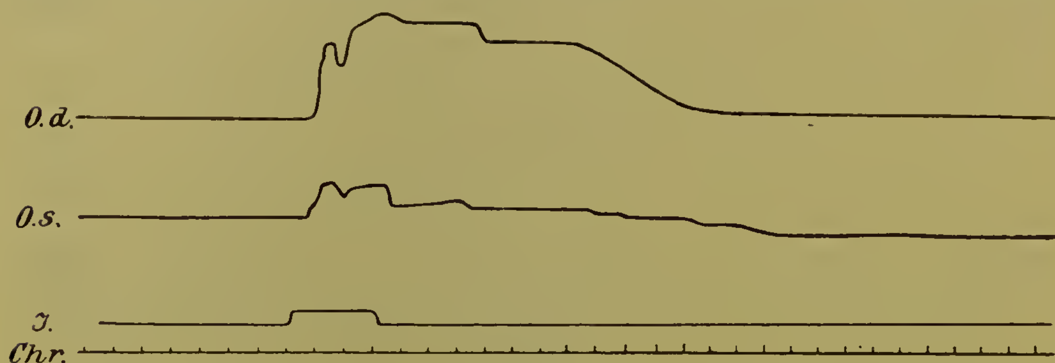


Fig. 304.
Kurve, erhalten durch Reizung des Feldes *a*.
O. d. rechtes Auge; *O. s.* linkes Auge; *J.* Indikator; *Chr.* Chronogramm.

Schließlich hat sich bei den Versuchen, welche in meinem Laboratorium bezüglich der Rindenerregbarkeit neugeborener Hunde angestellt wurden, herausgestellt, daß Augendeviationen nach der entgegengesetzten Seite bei der Reizung der hinteren Stirnlappenregion zuerst bei 19 Tage alten Welpen auftreten. Die Ausbildung dieses Augencentrums vollzieht sich demnach ein wenig später, als die der übrigen kortikalen Bewegungscentra. Ungefähr um die gleiche Zeit entwickelt sich auch das Centrum für den Lidschluß in der zweiten Windung hinter dem Sulcus cruciatus, dessen Reizung in der Regel auch von einer seitlichen Deviation der Augäpfel begleitet wird.

c) Pathologische Beobachtungen.

Die Verhältnisse der assoziierten Augenbewegungen, welche ein wichtiges Symptom bei Gehirnkrankheiten darstellen, sind nach der klinischen Seite hin vielfach verfolgt worden und können diese Untersuchungen hier nicht mit Stillschweigen übergangen werden.

Prevost hat als Erster darauf aufmerksam gemacht, daß bei den Gehirnkrankheiten überhaupt nicht selten eine seitliche Deviation der Augäpfel besteht, welche zumeist von einer Drehung des Kopfes nach

der gleichen Richtung begleitet wird. Er gelangte ferner durch seine Beobachtungen zur Aufstellung folgender zwei Sätze[1]): 1. Wenn die Erkrankung in einer Gehirnhemisphäre lokalisiert ist, dann erfolgt die Deviation der Augen und des Kopfes nach der der Paralyse entgegengesetzten und der Affektion entsprechenden Seite; 2. wenn die Erkrankung im Gehirnstamme lokalisiert ist, so erfolgt die Augen- und Kopfdeviation nach der Seite der Paralyse und nach der der Affektion entgegengesetzten Seite.

Späterhin ist die Richtigkeit dieser Sätze auch von anderen erhärtet worden, namentlich von Lépine, welcher diesem Gegenstande spezielle Studien gewidmet hat. Verschiedene Autoren haben indessen nicht wenige Ausnahmen von den durch Prevost aufgestellten Regeln herausgefunden.

Einen weiteren bedeutsamen Fortschritt in der Erkenntnis des klinischen Symptomes der Augen- und Kopfdeviation bedingten die Untersuchungen von Landouzi, welcher bei einer Analyse der Ausnahmefälle vom Prevost'schen Gesetz und im Hinblick auf die Tatsache, daß die Deviation eine verschiedene Richtung aufweist je nachdem, ob die vorhandene Affektion Paralyse oder Krämpfe bewirkt, zur Aufstellung folgender allgemeiner Sätze über das Symptom der Augen- und Kopfdeviation gelangte[2]):

Wenn eine Paralyse infolge einer Cerebralaffektion besteht, so zeigt der Kranke eine Deviation der Augen und des Kopfes nach der entgegengesetzten Seite — er wendet sich von seiner Paralyse ab; handelt es sich aber um einen Krankheitsherd in der Brücke, dann erfolgt die Deviation nach der Seite der Paralyse — der Kranke sieht auf seine paralytischen Glieder; liegt eine unter Krämpfen verlaufende Affektion der Hemisphären vor, so erfolgt die Deviation der Augen und des Kopfes nach der Seite der Krämpfe — der Kranke sieht auf seine Krämpfe. Bei krampfhaften Brückenerkrankungen aber wenden sich Augen und Kopf nach der entgegengesetzten Seite — der Kranke wendet sich von seinen Krämpfen ab. Landouzi spricht auf Grund der von ihm gesammelten Beobachtungen die Vermutung aus, daß das Centrum der Augen- und Kopfdeviationen im unteren Scheitelläppchen lokalisiert sein möchte. Die Centra der Augenbewegungen und die Centra der Kopfbewegungen müssen nach seiner Annahme in der Rinde des Menschen nahe beieinander liegen, denn man findet bei dem Menschen fast nie Augendeviationen ohne gleichzeitige Kopfdeviation. Nichtsdestoweniger können diese Centra auch jedes für sich funktionieren, da bei dem Menschen sowohl Augendeviationen für sich und ebenso Kopfdeviationen für sich vollkommen möglich sind.

Charcot und Pitres äußern sich in ihrem Werk über die Lokalisation der Rindencentra nicht in bestimmterer Weise über die Lage des Centrums für die Augen- und Kopfdeviationen. Nach ihrer Meinung ist es vorläufig noch nicht möglich, die Frage nach der Lokalisation des Centrums der Augenbewegungen endgültig zu entscheiden. Mehrere

---

[1]) Prevost, De la déviation conjugué des yeux et de la rotation de la tête etc. Thèse, Paris. 1868.

[2]) Landouzi, De la déviation conjugué des yeux et de la rotation de la tête etc. Bull. de la soc. anat. de Paris. 1879.

Fälle, die sie über Deviation der Augen und des Kopfes anführen, beziehen sich größtenteils auf ausgedehnte Rindenaffektionen.[1])

Exner erschloß aus statistischen Feststellungen im Einklange mit den physiologischen Befunden die Lokalisation des Centrums der Augenbewegungen im Stirnlappen.[2]) Dies schließt indessen selbstverständlich das Vorkommen eines hinteren Augenbewegungscentrums keineswegs aus.

Schon früher hatte ich selbst die Möglichkeit, auf Grund eigener klinischer Erfahrungen mich in bestimmter Weise für eine Lokalisation des Centrums der Augen- und Kopfbewegungen im hinteren Abschnitt des Stirnlappens auszusprechen. In meinen hierbezüglichen Fällen handelte es sich um Herde, welche im hinteren Abschnitte der ersten Stirnwindung lokalisiert waren.[3])

Eine analoge Lokalisation des Krankheitsherdes bestand auch in einem von Gilles de la Tourette mitgeteilten Fall, sowie in einem Fall von traumatischen Affektionen, welchen Horsley beobachtete.

Andererseits handelte es sich in einem meiner Fälle mit Bestehen von Krämpfen in einer Gesichtshälfte und im Arm unter Deviation der Augen und des Kopfes nach der Seite der Krämpfe um eine Kranke, bei welcher durch einen Hufschlag die hintere Stirnlappengegend beschädigt worden war.[4])

Ferner ergibt sich aus den Beobachtungen von Oppenheim, daß das in Rede stehende Symptom auch bei Herden im Bereiche des Fußes der mittleren Stirnwindung vorhanden sein kann.[5])

v. Monakow vertritt einen ähnlichen Standpunkt betreffs der Lokalisation dieses Centrums.[6])

In den Beobachtungen von Luciani und Sepilli[7]), Weiss, Laquer, Klaas u. a. bestand die Deviation der Augen und des Kopfes bei Herden im Fußteile der zweiten und dritten Stirnwindung.

Sahli beobachtete in einem Fall 3—4 Tage vor dem Tode beständige Deviation der Augen und des Kopfes nach einer Seite, ohne Bewußtseinsschwund, ohne Lähmung und Krämpfe. Bei der Sektion fand man einen zirkumskripten Herd am Fuße der zweiten Stirnwindung. Nach Sahli liegt beim Menschen kein Grund vor zu einer anatomischen Trennung der Kopfwendungscentra von den Augendrehungscentren der oberen und mittleren Stirnwindung; auch bei den Affen (Macacus) ist dies nicht notwendig. Der Gyrus angularis bezw. das darunterliegende Mark hat nach Sahli nur die Bedeutung einer Leitungsbahn für centripetale Reize, welche auf die Lage des Kopfes und der Augen einwirken.[8])

In dem sehr bemerkenswerten Fall von Mills wurde durch eine Trepanationsöffnung die Rinde im Gebiete des Fußes der zweiten und

---

[1]) Charcot et Pitres, Über die Lokalisation in der Rinde der Gehirnhemisphären. P. II. 1878.

[2]) Exner, Untersuchungen über die Lokalisation der Funktionen in der Großhirnrinde des Menschen. Wien. 1881.

[3]) Bechterew, Über die assoziierte Augendeviation bei Affektionen der Gehirnrinde. Verhandlungen der Gesellschaft russischer Ärzte zu St. Petersburg. 1880—1881.

[4]) Bechterew, Dissert. St. Petersburg 1881.

[5]) Oppenheim, Beiträge zur Pathologie der Hirnkrankheiten. Neur. Centr. 1885.

[6]) Monakow, Gehirnpathologie. 1897.

[7]) Luciani e Sepilli, a. a. O.

[8]) Sahli, Deutsches Archiv f. klin. Medic. 1905, Bd. 86, Heft 1—3.

dritten Stirnwindung mittels der Elektroden gereizt und dabei eine seitliche Ablenkung des Kopfes und der Augen erzielt.[1])

Ebenso verhält es sich in einem in meiner Klinik operierten Epilepsiefall, wo die Reizung des Fußes der zweiten Stirnlappenwindung Deviation der Augen und des Kopfes nach der entgegengesetzten Seite ergab.[2])

Ferner beobachtete PERNEWAN bei einer zirkumskripten eitrigen Meningitis am linken Stirnlappen, welche im hinteren Teil der zweiten und dritten Stirnwindung am lebhaftesten entwickelt war, im Beginn der Krampfanfälle eine leichte Deviation des Kopfes und der Augen nach links (Reizungssymptom), worauf eine starke Abweichung nach rechts eintrat (Ausfallssymptom).[3])

TOUCHE schilderte einen Fall von rechtsseitiger Hemiplegie mit Verlust der Beweglichkeit der Augen nach links. Man fand bei der Sektion eine subkortikale Hämorrhagie im Gebiete der rechten zweiten Stirnwindung.[4])

Nicht minder lehrreich erscheint für die Lokalisation des Centrums die Beobachtung von DRUMMOND.

Es handelte sich in diesem Fall um eine 29 Jahre alte Frau mit Empyem mit Rindenkrämpfen, welche im rechten Augenlid einsetzten, worauf Deviation des Kopfes und der Augen nach rechts, Kontraktionen des rechten Nasenflügels und Mundwinkels, dann des rechten Armes und rechten Beines und schließlich Krämpfe der linken Körperhälfte folgten. In den Pausen zwischen den Anfällen bestand Aphasie, rechtsseitige Extremitätenparalyse und Deviation der Augen und des Kopfes nach der linken Seite. — Diagnostiziert wurde ein Abszeß im unteren Teil der vorderen Centralwindung und im hinteren Teil der dritten Stirnwindung der linken Hemisphäre. — Die Obduktion ergab einen Abszeß im Fuße der mittleren Stirnwindung.[5])

Zu gedenken ist hier auch eines älteren Falles von PREVOST mit rechtsseitiger Hemiplegie und Ablenkung der Augäpfel nach links, wobei die Sektion einen Erweichungsherd im Gebiete der mittleren und unteren Stirnwindung der linken Hemisphäre ergab. In einem anderen Fall, wo rechtsseitige Hemiplegie und Augendeviation nach links beobachtet wurde, fand man an der Seite eine Erweichung des hinteren Abschnittes des Stirnlappens der linken Hemisphäre.

VERTH bestätigte auf Grund eines einschlägigen Falles die Richtigkeit der Lokalisation des Augenbewegungs-Centrums in der Rinde der zweiten Stirnwindung unterhalb des Centrums der seitlichen Kopfbewegungen.[6])

ROUX nimmt nach klinischen Erfahrungen zwei Centra für die Augenbewegungen in der Rinde an: Ein occipitales Centrum, bestimmt für die durch optische Eindrücke ausgelösten Augenbewegungen, und ein frontales Centrum für Augenbewegungen, welche durch Erregungen, die vom Auge selbst ausgehen, bewirkt werden. Beide Centra haben eine bilaterale Innervation und stehen in Beziehung nicht nur zu den

---

[1]) MILLS, Cerebral localisation in its practical relations. Brain. 1889.
[2]) W. BECHTEREW, Nevrolog. vêstn. 1899, Bd. 7, H. 3.
[3]) PERNEWAN, Lancet. August 1890.
[4]) TOUCHE, Verhandl. der Pariser Neurolog. Gesellsch. 6. Dezember 1900. Vgl. Revue neurolog. 1901 und Neurolog. Zentralbl. 1901.
[5]) DRUMMOND, Lancet 1887, Bd. 2, Nr. 1.
[6]) VERTH, Mitteilungen aus den Grenzgebieten der Medizin und Chirurgie, Bd. 14.

vom Oculomotorius versorgten Muskeln, sondern auch zu dem vom Facialis aus innervierten M. orbicularis oculi. Die Zerstörung des frontalen und occipitalen Augencentrums bewirkt eine assoziierte Deviation der Augen nach der Seite der Affektion, wobei im ersten Fall eine gewisse Abnahme der Sensibilität des Auges, im zweiten Fall Hemianopsie besteht. Die gegenseitige Zerstörung des frontalen Centrums hebt die willkürlichen Bewegungen des Auges auf, während die reflektorischen Augenbewegungen dabei erhalten bleiben.[1])

Aufhören der willkürlichen und Erhaltung der optisch-reflektorischen Beweglichkeit der Augen beobachtete Oppenheim[2]), Rot[3], Bielschowsky[4]) und ich.

Rot schilderte drei Krankheitsfälle mit Paralyse der willkürlichen und Verschonung der reflektorischen Augenbewegungen. Zwei dieser Kranken litten an Pseudobulbärparalyse, einer an Poliencephalomyelitis. Diese Kranken konnten willkürlich die beiden Augen weder nach rechts, noch nach links, noch nach oben, noch nach unten bewegen.[5])

Analoge Zustände habe ich selbst mehrfach beobachtet.

Schon vor vielen Jahren demonstrierte ich meinen Zuhörern einen Kranken, welcher an rechtsseitiger Hemiparese mit beständigen Krämpfen der rechten Körperhälfte litt. Die Augen und der Kopf waren gewöhnlich nach rechts abgelenkt gehalten und gelangten nur mit Mühe bis an die Mittellinie. Der Kranke zeigte die Besonderheit, daß er seine Augen willkürlich nach links drehen konnte, während die Rechtswendung der Augen prompt erfolgte. Einen fixierten Gegenstand aber verfolgte er mit den Augen weit nach links. In diesem Fall beobachtete man außer der Augendeviation auch eine Deviation des Kopfes nach rechts.

Nach der Ansicht einiger Autoren handelt es sich in derartigen Fällen um eine Zerstörung der Bahn von der Rinde zu den subkortikalen Centren der assoziierten Augenbewegnngen, welche an irgend einer unbekannten Stelle über dem Augenmuskelnerven[6]) und zwar nicht im Vierhügel, sondern irgendwo in der Nähe desselben lokalisiert sein sollen.[7]) Es würde sich im Sinne dieser Auffassung hier handeln um eine Impulsübertragung vom Sehnerven auf die erwähnten Koordinationscentra, welche diese Erregung dann weiterhin den Augenmuskelnerven übermitteln.

Ich kann diese Meinung nicht teilen und noch weniger mich für die Annahme besonderer Koordinationscentra irgendwo außerhalb des Vierhügels in den subkortikalen Regionen erwärmen. Das Wesen der hier in Frage kommenden Störungen findet nach meiner Ansicht eine vollkommen hinreichende Erklärung in der Affektion der frontalen Augenbewegungscentra oder der von ihnen absteigenden Leitungsbahnen entweder im Bereiche der Hemisphären oder im Gehirnstamme bei Unversehrtheit der hinteren Rindencentra der assoziierten Augenbewegungen. Dieses Verhalten bedingt zugleich die Erhaltung der unwillkürlichen Bewegungen der Augäpfel beim Fixieren eines Gegenstandes unter Verlust der willkürlichen Bulbusbewegungen.

---

[1]) Oppenhlim, Fortschr. d. Medicin 1905, Nr. 1.
[2]) J. Roux, Double centre d'innervation cort. oculom. Arch. de neurol. 8, 45, 1909.
[3]) V. K. Roth, Verhandl. der Neuropatholog. Gesellschaft zu Moskau 1900.
[4]) Rot, Neurol. Centralbl. 1901.
[5]) Bielschowsky, Münch. med. Wochenschr. 1903, Nr. 39.
[6]) Knies, Über die centralen Störungen der willkürlichen Augenmuskeln. Arch. f. Augenheilk. 1891.
[7]) A. Kornilov, a. a. O.

In einigen der hier betrachteten Fälle wird gleichzeitig auch die Konvergenz der Augen in Mitleidenschaft gezogen. Nach den Angaben von Parinaud und Sovineau soll dies sogar die Regel sein[1]), doch gibt es gewiß auch Fälle solcher Paralysen, wo die Konvergenz verschont bleibt.[2])

Bekannt sind ferner klinische Fälle mit Affektion der Augendivergenz.

Popov z. B. schilderte unlängst einen bemerkenswerten Fall von isolierter Paralyse der Augendivergenz[3]), wo im übrigen nur Schwindelanfälle, gelegentlich zum Erbrechen führend, Kopfschmerzen, Denkschwere und Apathie bestanden, bei Lues in der Anamnese. Da es sich hier um eine isolierte Paralyse der Divergenz handelte und Schwindelanfälle vorkamen, glaubt Popov, daß die Erkrankung in diesem Fall nicht in der Gehirnbasis, sondern im Stirnlappen zu lokalisieren ist. Ich halte diese Diagnose für recht wahrscheinlich, denn sie stimmt nicht nur mit den beobachteten Erscheinungen überein, sondern ganz besonders auch mit dem Vorkommen von Denkschwere und Apathie, Zustände, welche in den Frühstadien von Stirnlappenerkrankungen nicht zu selten vorhanden sind.

Den Versuchen, welche bezeugen, daß man von der Rinde aus bei Erregung des M. rectus lateralis des kontralateralen Auges eine Hemmungswirkung auf den gleichen Muskel der anderen Seite erzielen kann, stelle ich hier eine meiner klinischen Beobachtungen an die Seite, wo es sich um eine ausgedehnte Erweichung der Parietalrinde der rechten Hemisphäre und eines Teiles der Centralwindungen handelte. Es bestand bei dem Kranken linksseitige Parese und eine fast totale Amaurose des linken Auges mit deutlicher Insuffizienz des Rectus medialis sinister, darin sich äußernd, daß das linke Auge, sobald man das rechte verschloß, sogleich nach außen abwich und willkürlich nicht einwärts bewegt werden konnte. Sobald man aber das rechte Auge öffnete und der Kranke die Gegenstände fixierte, verließ das linke Auge sofort seine anormale Haltung und nahm regelrecht an den assoziierten Bewegungen teil.

Offenbar führte bei dem Bestehen einer Parese des M. rectus internus des linken Auges der Impuls, welcher in diesem Fall von der linken Hemisphäre ausging, zu einer Erregung nicht nur des M. rectus lateralis des kontralateralen Auges, sondern zugleich auch zu einer Hemmung des M. rectus lateralis des entsprechenden i. e. linken Auges. Nur so findet in diesem Falle die Beteiligung des linken Auges an den assoziierten Augenbewegungen eine Erklärung.

Aus dem Bisherigen ergibt sich also mit Sicherheit, daß bei dem Menschen ebensogut wie bei den Tieren ein vorderes Centrum für die Augenbewegungen vorhanden ist mit Lokalisation im hinteren Abschnitt der zweiten Stirnwindung.

Auf die Centra der Augenbewegungen im hinteren und temporalen Gebiet der Hirnrinde komme ich an einer späteren Stelle zurück.

Dieses Centrum regiert offenbar die willkürlichen Bewegungen der Augäpfel. Daher führen Affektionen dieses Centrums zu einer Lähmung

---

[1]) Sovineau, Pathologie et diagnostic des ophthalmoplégies 1894. — Paralysie associé de l'élévation et abaissement. Recueil Ophthalm. 1894.

[2]) Kornilov a. a. O.

[3]) N. M. Popov, Eine Störung der Augenbewegungen. Nevrolog. vêstn. 1903, Bd. 11, H. 1.

der seitlichen Augenbewegungen nach der kranken Seite, während seine Reizung eine krampfhafte Deviation der Augen nach der entgegengesetzten Seite hervorruft.

Auch bezeugt die klinische Beobachtung in Übereinstimmung mit dem Ergebnis des Tierversuches, daß es bei dem Menschen besondere Centra für die Augenbewegungen und getrennte Centra für die Kopfbewegungen in der Hirnrinde gibt. Dann in einzelnen Fällen beobachtet man eine Paralyse der seitlichen Augenbewegungen ohne gleichzeitige Paralyse der Kopfbewegungen, in anderen Fällen sind die Kopfbewegungen aufgehoben, die Augenbewegungen verschont.

Mehrere andere bemerkenswerte Erscheinungen des Tierexperimentes bezüglich des Verhaltens der kortikalen Centra der Augenbewegungen finden in den klinischen Erfahrungen ebenfalls eine Bestätigung.

2. Die Rindencentra der Pupille.

Im Bereiche der motorischen Zone der Gehirnrinde finden sich ferner besondere Nervencentra für die glatte Muskulatur. Unter diesen verdienen die Centra, welche die Pupille erweitern, an erster Stelle genannt zu werden.

a) Literarische Angaben.

Der Nachweis der Existenz von Pupillenerweiterungscentren kann bereits aus den Angaben von Bach und Meyer geschöpft werden.[1])

Sie fanden, daß die Schmerzreaktion der Pupillen nach vollzogener Abtragung einer Hemisphäre weder auf der einen noch auf der anderen Seite erlischt. Bei der Exstirpation beider Hemisphären aber erlischt die Schmerzreaktion der Pupille total, während der Belichtungsreflex dabei nicht aufgehoben wird.

Was die Lokalisation des die Pupille erweiternden Rindencentrums betrifft, so beobachtete schon Bochefontaine bei der Reizung einiger Rindenpunkte im Bereiche der vorderen Hirnregion eine Erweiterung der Pupillen.

Auch Schiff und Pio-Foa erzielten Pupillenerweiterung bei der Reizung der Gehirnrinde.[2])

Ferrier beobachtete Pupillenerweiterung und Öffnen der Augen, als er den vorderen Abschnitt des Gyrus sigmoideus des Hundes bezw. den hinteren Teil der Stirnwindung bei den Affen reizte.[3])

Späterhin bemerkten noch viele andere, so Grünhagen[4]), Bessau[5]),

---

[1]) Gräfes Archiv f. Ophthalm. Bd. LIX.

[2]) Schiff et Pio-Foa, La pupille, considéré comme ésthésiometre. Trad. de l'ital. 1875.

[3]) Ferrier, Die Funktionen des Gehirns. Braunschweig 1879, S. 165 u. 158.

[4]) Grünhagen, Berl. klin. Wochenschr. 1879.

[5]) Bessau, Die Pupillenenge im Schlafe und bei Rückenmarkskrankheiten. Inaug.-Diss. Königsberg 1879.

Kočanovski[1]), Mislawski[2]), ich[3]), Braunstein[4]), Parsons[5]), Stewart[6]), Pilz eine Erweiterung der Pupille bei Reizungen der Hirnrinde. Aber die Stelle, von welcher aus man diese Wirkung erhält, ist sehr verschieden angegeben worden.

Manche glauben, daß man von jedem beliebigen Punkt der Gehirnoberfläche soll Pupillenerweiterung erzielen können (N. A. Mislawski).

Stewart u. a. erzielten Pupillenerweiterung konstant bei der Reizung einer bestimmten Stelle der vorderen Centralwindung, wobei die Wirkung auf die Pupille, wie auch in anderen Fällen, eine zweiseitige war. Diese Wirkung soll nach der Angabe von Stewart sogar nach vollzogener Durchschneidung des N. vago-sympathicus noch eintreten.

Parsons erhielt in einer großen Anzahl von Versuchen an Hunden und Katzen Pupillenerweiterung sowohl bei der Reizung der Occipitalregion, als auch bei der Reizung des frontalen Augenbewegungscentrums, und zwar erfolgt die Wirkung dabei auf beiden Seiten mit Ueberwiegen der kontralateralen Seite.

Die Durchschneidung des Sympathicus schwächt den Reflex ab, hebt ihn aber nicht ganz auf. Die Durchschneidung des Oculomotorius dagegen hebt den Reflex total auf. Die Durchschneidung des Balkens verhindert weder auf der einen, noch auf der anderen Seite das Zustandekommen dieses Reflexes.[7])

Levinsohn untersuchte die kortikalen Pupillencentra der Affen, des Hundes und der Katze. Er erzielte Verengerung der Pupillen von verschiedenen Punkten der Gehirnrinde, von der Occipitalregion, von der sensiblen Augensphäre, von der Sehsphäre aus. Eine Erweiterung der Pupille bestand nie für sich allein, sondern bildete stets eine Begleiterscheinung allgemeiner Krampfbewegungen oder Augenbewegungen. — Die Abtragung der Gehirnrinde liefert bezüglich der Pupillen keine entscheidenden Befunde. Dies spricht nach der Meinung von Levinsohn gegen die Existenz selbständiger isolierter Pupillencentra in der Gehirnrinde.[8])

Ihre Berechtigung findet diese Auffassung vielleicht darin, daß in der Rinde unzweifelhaft nicht ein, sondern mehrere Centra vorhanden sind, welche auf die Weite der Pupille Einfluß üben. Von den Pupillencentren, welche sich im Bereiche der Parietalrinde finden, ist früher schon die Rede gewesen; ich verweise hier nur auf das dort Gesagte. Hier handelt es sich um die Pupillenerweiterungscentra, welche im Gebiete des Gyrus sigmoideus bezw. der Centralwindungen ihre Lage haben.

---

[1]) Kočanovski, Strickers Medic. Jahrbücher. Wien 1885.

[2]) N. A. Mislawski, De l'influence de l'écorce grise sur la dilatation de la pupille. Compte rendu de la société de Biologie 1887, Nr. 13.

[3]) W. Bechterew u. N. Mislawski, Über die Innervation und die Gehirncentra der Tränensekretion. Medic. obośrên. 1891 u. Neurolog. Centralbl. 1891.

[4]) Braunstein, Zur Lehre von der Innervation der Pupillenbewegungen. Charkow 1895.

[5]) H. Parsons, On the dilatation of the pupil etc. Collected papers of physiol. laboratory (University College London). 1903.

[6]) G. Stewart, Eine Bemerkung über Pupillenerweiterung etc. Centralbl. f. Phys. 1902, Bd. XV.

[7]) Parsons, On dilatation of the pupils from stimulation of the cortex cerebri. Brit. med. Journ. 1900, 15 sept.

[8]) G. Levinsohn, Über die Beziehungen zwischen Großhirnrinde und Pupille. Zeitschr. f. Augenheilk. 1902, Bd. VIII.

b) Ergebnisse experimenteller Untersuchungen.

Von der Existenz einer pupillenerweiternden Wirkung der Gehirnrinde konnte ich mich schon vor vielen Jahren (1885—1886) bei Gelegenheit meiner Untersuchungen über die vasomotorischen Wirkungen der Gehirnrinde genau überzeugen.

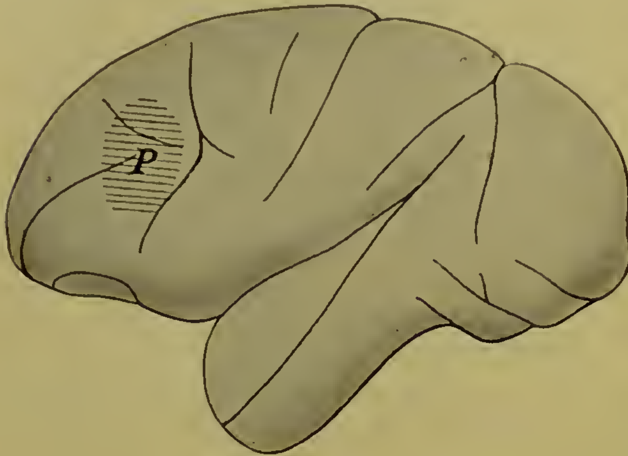


Fig. 305.
Gehirn von Macacus. Die Reizung der Stelle *P* ergibt Pupillenerweiterung.

Sodann habe ich in einer gemeinsam mit Mislavski unternommenen Arbeit[1]) erkannt, daß schon die schwache faradische Reizung des inneren Teiles des vorderen und hinteren Abschnittes des Gyrus sigmoideus beim Hunde eine deutliche Erweiterung der Pupillen hervorruft, verbunden mit Exophthalmus und Einwärtsbewegung des dritten Augenlides. Diese Erscheinungen waren auf der entgegengesetzten Seite merklich lebhafter ausgesprochen, als auf der Reizseite. Eine etwas schwächere Wirkung ergeben in dieser Beziehung die mehr nach außen gelegenen Teile des Gyrus sigmoideus.

Zu bemerken ist dabei, daß die Pupillenerweiterung in diesem Fall unter gleichzeitigem Öffnen der Augen und Ausbildung von Exophthalmus eintrat, eine Tatsache, welche ich schon früher an Hunden feststellen konnte.



Fig. 306.
Gehirn von Macacus. Reizung des Punktes *a*.

Späterhin habe ich dann diese Verhältnisse bei den Affen weiter verfolgt und erkannt, daß man auch hier von einem recht ansehnlichen Felde des hinteren Abschnittes der zweiten Stirnwindung aus eine deutliche Erweiterung der Pupille erzeugen kann, verbunden mit einer Reihe anderer Bewegungen. Ein Punkt in dieser Gegend aber (Fig. 305 *P*) ergibt am Affenhirn Pupillenerweiterung mit Öffnen der Augen, Exophthalmus und Einwärtsrücken des dritten Augenlides, ganz

[1]) W. Bechterew und N. Mislawski, cit. op. Medic. obosrên. 1891, Neurolog. Centralbl. 1891.

wie bei der Reizung des Halssympathicus.[1]) Dabei richteten sich die Augen nach vorne, wie beim Sehen in die Ferne; es bestanden also Erscheinungen von Divergenz der Augen (Fig. 306 *a*). Es ist mehr als wahrscheinlich, daß diese Pupillenerweiterung auch von einer Erschlaffung der Akkommodation begleitet wird, welche vom Sympathicus abhängt, ein Punkt, auf welchen wir später noch zurückkommen.

Ich gelangte damals auf diese Befunde hin zu dem Schluß, daß wir es an den bezeichneten Rindenstellen mit Centren zu tun haben, welche auf den Halssympathicus Einfluß üben.

Übrigens kann die Pupillenerweiterung bei der Rindenreizung auch nach vollzogener Durchschneidung des Halssympathicus zu Stande kommen, wenn diese Erweiterung auch gewöhnlich von Exophthalmus und Einwärtsrücken des dritten Augenlides, also von Erscheinungen, welche auf eine Erregung des Halssympathicus hinweisen, begleitet wird.

Schon Bochefontaine, Grünhagen und Bessau haben gefunden, daß die Durchschneidung des Stammes des Halssympathicus die pupillenerweiternde Wirkung der Gehirnrinde nicht vernichtet. Wenn Kočanovski späterhin nach der Durchschneidung des Halssympathicus vergebens nach einer Erweiterung der Pupillen suchte, so konnte andererseits Mislavski den obigen Satz als vollkommen richtig erhärten.[2])

Nach den Ergebnissen meiner Versuche ist von der Gehirnrinde aus eine Wirkung hervorrufbar, welche der Erregung des Halssympathicus vollkommen entspricht, da die dabei eintretende Pupillenerweiterung von Exophthalmus und Einwärtsrücken des dritten Augenlides begleitet wird.[3]) Doch kann andererseits von der Gehirnrinde aus eine pupillenerweiternde Wirkung auch unabhängig vom Halssympathicus erzielt werden.

In den Versuchen Mislawski's beobachtete man bei der Reizung der Gehirnrinde Pupillenerweiterung nicht nur nach vollzogener Durchschneidung des Halssympathicus, sondern auch nach der Exstirpation des Ganglion cervicale supremum, sowie nach Durchschneidung des Rückenmarkes in der Höhe des ersten Wirbels und sogar nach einem Schnitt durch das Verlängerte Mark hinter den Vierhügeln. Aber in allen diesen Fällen erschien die Pupillenerweiterung weit schwächer als sonst (bei der Katze rundete sich die Pupille nie) und war von Exophthalmus und Einwärtsrücken des dritten Augenlides unbegleitet. Da in diesem Fall angenommen werden konnte, daß die Wirkung auf den Sympathicus durch die (von Balogh, Vulpian, Hurwitz, Kovalevski experimentell nachgewiesenen) cerebralen pupillenerweiternden Fasern im Gebiete des Trigeminus übertragen wird, durchschnitt Mislawski den Trigeminus in der Gegend des Ganglion Gasseri und gleichzeitig das Verlängerte Mark oder das Halsmark, bezw. es wurde die Trigeminusdurchschneidung mit der Durchschneidung des Halssympathicus und des Halsmarkes am ersten Wirbel kombiniert.

Auch in diesen Versuchen beobachtete man überall Pupillen-

---

[1]) W. Bechterew, Über die kortikalen Verengerungs- und Erweiterungscentra der Pupille in den hinteren Gehirnteilen der Affen. Obošrên. psihiatr. 1889, Nr. 7. Vgl. auch ibid. 1898, S. 64—65 und Neurolog. Centralbl. 1889.

[2]) N. A. Mislawski, a. a. O.

[3]) W. Bechterew, Nevrolog. vêstn. 1899, Nr. 1, und Archiv f. Anat. und Physiol. 1899.

erweiterung und erst nach vollzogener Durchschneidung des Oculomotorius erwies sich die Pupille bei der Rindenreizung als total starr.

Die Durchschneidung des Trigeminus vor dem Ganglion Gasseri vernichtet die pupillenerweiternde Wirkung der Rindenreizung ebenfalls nicht.

Diesen Befunden zufolge kommt die pupillenerweiternde Wirkung der Gehirnrinde auf zweierlei Weise zu Stande:

1. durch die Wirkung des spinalen Pupillencentrums und der von ihm abgehenden Fasern des Halssympathicus auf das Auge, und

2. durch Hemmung des Pupillenverengerungscentrums, welches in den Kernen des Oculomotorius lokalisiert ist.

In einer neueren Arbeit spricht Mislawski von einem Pupillenverengerungscentrum im Vierhügel.[1]) Da aber die Abtragung der Vierhügelhöcker, wie die Befunde von Knoll und mir bezeugen, die Pupillenreaktion nicht aufhebt, so handelt es sich hier offenbar um das eigentliche Pupillenverengerungscentrum im Oculomotoriuskern.

c) Die pupillenerweiternde Wirkung der Gehirnrinde.

Bei einer Wiederholung der obigen Versuche mittels des Belljarminov'schen photographischen Apparates fand Braunstein ihre tatsächliche Grundlage bestätigt, doch erklärt er die pupillenerweiternde Wirkung ausschließlich durch eine Hemmung des Pupillenverengerungscentrums in den Oculomotoriuskernen.[2])

Auch Bach führt neuerdings die Reizwirkung auf die Pupille auf eine Hemmung jener Centra zurück, welche den Reflex von den sensiblen Gebieten her der Pupille übermitteln.

Zu einer solchen Deutung liegt aber, wie mir scheint, ein hinreichender Grund nicht vor, wenn man sich erinnert, daß die Durchschneidung des Halssympathicus oder die Exzision des Ganglion cervicale supremum, den dilatierenden Effekt der Reizung deutlich herabsetzend, gleichzeitig auch das Zustandekommen des Exophthalmus und das Einwärtsrücken des dritten Lides verhindert. Ich stimme daher voll und ganz Mislawski zu, wenn er auch nach den obigen Gegenangaben an seiner ursprünglichen Auffassung festhält, wonach die Gehirnrinde sowohl durch den Halssympathicus, als auch durch den Oculomotorius ihre Wirkung auf die Pupille ausüben kann.

Ich hatte mich schon früher von dem hemmenden Einflusse der Schmerzreize auf die Pupille überzeugt. Denn nach vollzogener Durchschneidung des Halssympathicus bewirkten Schmerzreize in meinen Versuchen immer noch eine Erweiterung der Pupille. Es kann daher nicht wundernehmen, daß durch die Reizung der Gehirnrinde ebenfalls eine Hemmungswirkung auf das Gebiet des Oculomotorius erzielbar ist.

In voller Übereinstimmung mit den obigen Schlußfolgerungen stehen auch die späteren Befunde von Parsons[3]), welche im allgemeinen meine Ergebnisse[4]) bestätigen sowohl hinsichtlich des Charakters der pupillenerweiternden Wirkung der Gehirnrinde als auch hinsichtlich der Lokalisation dieser Wirkung; denn auch er nimmt an, daß die Um-

---

[1]) N. A. Mislawski, Über den Einfluß der Gehirnrinde auf die Pupillenweite. Nevrolog. vêstn. 1903, Nr. 2.

[2]) Braunstein, a. a. O.

[3]) Parsons, a. a. O.

[4]) W. Bechterew und N. Mislawski, a. a. O.

gebung des Sulcus cruciatus beim Hunde dilatierend auf die Pupille wirkt.

Daß von der Gehirnrinde eine pupillendilatierende Wirkung auftreten kann, welche nicht durch Hemmung des Pupillenverengerungscentrums allein bedingt ist, ergibt sich aus der pupillenerweiternden Wirkung psychischer Erregungszustände bei Tieren selbst nach vollzogener Durchschneidung der Sehnerven, wo die Pupillen ohnehin schon erheblich erweitert sind. Man hat bis in die letzte Zeit hinein bei solchen Tieren ein volles Fehlen der Pupillenreaktion vermutet.

Das Verschwinden der Pupillenreaktion nach der Durchschneidung des Sehnerven bezeugen die Untersuchungen einer ganzen Reihe von Autoren: Mayo, Fario, Longet[1]), Valentin[2]), Budge[3]), Rosov[4]), Knoll[5]) Berlin[6]), Holmgren[7]), Gudden[8]), Marckwort[9]), Redard[10]), mir[11]), Hertel[12]), Marenghi[13]), Čirkovski[14]) und einigen anderen.

Bei Tieren, denen eine sympathische Pupillenreaktion fehlt, wie beim Kaninchen, erhält man eine Verengerung der Pupille selbst nach Belichtung des zweiten Auges nicht, was beim Menschen, beim Hunde und bei der Katze ohne weiteres gelingt.

Holmgren hat jedoch gefunden, daß Lärm und andere allgemeinere Außenreize beim Kaninchen selbst nach vollzogener Durchschneidung des Sehnerven zu einer weiteren Dilatation der Pupille führen.

In den akuten Versuchen, die ich an Hunden anstellte, erzielte ich solche Erscheinungen indessen nur in dem Falle, wenn beide Augen während der Beobachtung offen gehalten wurden, wenn also die Pupille des operierten Auges unter dem Einfluß der sympathischen Reaktion kontrahiert erschien.

Redard will im Gegensatz zu anderen Autoren gefunden haben, daß die Pupillenreaktion nach der Durchschneidung des Sehnerven nur

---

1) Cit. nach Budge, Über die Bewegungen der Iris.

2) Valentin, Lehrbuch der Physiologie 1844, Bd. 11.

3) Budge, a. a. O.

4) Rosov, Experimente über die Durchschneidung des Sehnerven. Sitzb. d. kais. Akad. d. Wiss. Wien 1864, Bd. 49. — Über die Folgen der Durchschneidung des N. opticus. Sitzb. d. kais. Akad. d. Wiss. 1864, Bd. 50.

5) Knoll, Beiträge zur Physiologie der Vierhügel. Eckhards Beiträge z. Anat. u. Phys. 1869, Bd. 4.

6) Berlin, Über Sehnervendurchschneidung. Klin. Monatsschr. f. Augenheilk. 1871, Bd. 9.

7) Holmgren, Referat in Hoffmann u. Schwalbes Jahresbericht pro 1876. Vgl. auch Čirkovski, Neurolog. vêstn. 1904, H. 2.

8) Gudden, Über die Kreuzung der Nervenfasern im Chiasma nervorum opticorum. Arch. f. Ophthalm 1879, Bd. 25.

9) Marckwort, Experimentelle Studien über Läsionen des Nervus opticus. Arch. f. Augenheilk. 1881, Bd. 10.

10) Redard, Rech. exper. sur les suites éloignées etc. Arch. d'ophth. 1881, Bd. 1.

11) Bechterew, Experimentelle Untersuchungen über die Kreuzung der Sehnervenfasern des Chiasma nervosum opticorum. Neurolog. Centralbl. 1883, Nr. 3. S. auch Ezened. klin. gaš. Botkina 1882.

12) Hertel, Über die Folgen der Sehnerven-Durchschneidung bei jungen Tieren. Arch. f. Ophthalm. 1898, Bd. 46.

13) Marenghi, Section intracran. du nerf optique etc. Arch. ital. de Biol. I. 37, fasc. II. 1902.

14) Čirkovski, Zur Frage von der Innervation der Pupille. Nevrolog. vêstn. 1904, Heft 2 u. 3.

in der ersten Zeit nach dem Eingriffe gefehlt haben soll; mit der Zeit kehrte die Reaktion wieder und war namentlich beim Kaninchen sehr lebhaft ausgesprochen. Diese Wiederkehr des Reaktionsvermögens der Pupille bezieht Redard auf eine Regeneration der Opticusfasern. Man muß hier jedoch eher an irgend welche technische Operationsfehler denken, abgesehen davon, daß eine Bestätigung dieser Befunde bisher ausblieb.

Marenghi war, wie gesagt, ebenfalls der Meinung, daß bei der intrakraniellen Durchschneidung des Sehnerven des Kaninchens die Pupille des operierten Auges nicht vollständig ihr Reaktionsvermögen verliert. Aber die späteren Ermittelungen von Čirkovsky am Kaninchen haben dargetan, daß es sich hier nicht eigentlich um eine Belichtungsreaktion der Pupille handelt, sondern um sensible Reizung und psychische Erregung des Tieres, welche zu einer Dilatation der Pupille führen, worauf diese sich allmählich wieder verengert. Denn die Pupille des so operierten Auges behält im Dunkeln eine bestimmte Weite bei und verengert sich bei Lichteinfall gar nicht, so intensiv das einfallende Licht auch sein möge. Nach der Durchschneidung der Pupillendilatatoren, welche im ersten Ast des Trigeminus verlaufen, sowie nach der Durchschneidung des Halssympathicus und nach vollzogener Exstirpation des obersten sympathischen Halsganglions erlischt das Dilatationsvermögen der Pupille bei psychischer Erregung des Versuchstieres ganz und gar und die Pupille wird dann vollkommen starr.

In meinen Versuchen gelang es mir manchmal, durch die Reizung der Gehirnrinde ein weniges vor dem unteren Ende des Sulcus Rolando eine Verengerung der Pupille zu erzielen. Doch war diese Wirkung in meinen Versuchen nicht ganz konstant.

d) Pathologische Beobachtungen.

Aus dem Bereiche klinischer Erfahrung können zahlreiche Beobachtungen nachgewiesen werden, wo Erkrankungen der hinteren Stirnlappenregion mit Veränderungen der Pupillenweite verliefen. Man hat diesen Fällen bisher keine große Beachtung geschenkt, doch habe ich einen exquisiten hierbezüglichen Fall noch ganz unlängst vor mir gehabt.

Es handelte sich bei der betreffenden Patientin um syphilitische gummöse Meningitis, welche auf das Gebiet des hinteren Abschnittes der zweiten und dritten Stirnwindung, den mittleren und unteren Teil der Centralwindungen und den oberen Teil der Schläfenwindungen beschränkt war.

Zu Lebzeiten bestanden außer Kopfschmerzen, Stauungspapille und allgemeiner Apathie zu Zeiten Krämpfe im rechten Arm und in der rechten Gesichtshälfte, sowie eine hochgradige Ungleichmäßigkeit der Pupillen mit starker Erweiterung der kontralateralen Pupille, Exophthalmus und Lideröffnung auf der gleichen Seite, bei merklicher Ptose des oberen Augenlides der Krankheitsseite.

Hartley-Bunting beobachtete in einem Fall von traumatischer Affektion der zweiten Stirnwindung Parese des M. levator palpebrae superioris; in dieses Gebiet verlegt er daraufhin das Pupillencentrum[1],

---

[1]) Bunting, Notes on the localisation of a centre in the brain cortex etc. Lancet, 20. August 1898.

eine Annahme, mit welcher auch die klinischen und experimentellen Ermittelungen von DE BONE übereinstimmen.

Bei den Tieren kann, wie schon früher bemerkt wurde, von der angegebenen Stelle aus Augenöffnen und Pupillenerweiterung hervorgerufen werden. Die obigen Beobachtungen entsprechen somit vollkommen dem Ergebnis des Tierexperimentes.

HAAB[1]) und PILZ[2]) schildern andererseits einen kortikalen Pupillenreflex, bestehend in der Zusammenziehung derselben beim Hinsehen auf eine beleuchtete Fläche, wenn die Aufmerksamkeit sich auf einen seitwärts befindlichen dunklen Fleck richtet, während beim Fixieren eines seitwärts gelegenen hellen Fleckes umgekehrt Pupillenerweiterung eintritt.

BUNKE bestreitet die Angaben von HAAB bezüglich der psychisch-reflektorischen Pupillenzusammenziehung bei Hinlenkung der Aufmerksamkeit auf einen weißen Fleck im peripheren Teil des Gesichtsfeldes[3]), aber dieses abweichende Ergebnis beruht wohl auf individuellen Verschiedenheiten des Verhaltens der beobachteten Erscheinung.

Außerdem gibt es Pupillenreflexe, welche im Zusammenhang mit der Vorstellung von Hell (Zusammenziehung) und Dunkel (Erweiterung) sich vollziehen. Wenn diese Reflexe am wahrscheinlichsten auf Rindenpartien zu beziehen sind, in welchen die optischen Vorstellungen ihren Sitz haben, so ist es bezüglich der vorhin erwähnten Aufmerksamkeitsreflexe der Pupillen am wahrscheinlichsten, daß sie mit der Tätigkeit von Centren, welche der motorischen Rindenzone angehören, im Zusammenhange stehen.

Das sog. WESTPHAL'sche Phänomen (Pupillenzusammenziehung bei Lidschluß), von mir in pathologischen Fällen mehrfach beobachtet, beruht offenbar auf Impulsen, welche von der motorischen Rindenzone gleichzeitig zu dem Orbicularmuskel und zur Iris verlaufen.

Bekannt ist ferner, daß sowohl die Spannung der Akkommodation, wie auch die Erschlaffung ein bis zu einem gewissen Grade willkürlicher Vorgang ist. Mit diesem Spiel der Akkommodation hängt es wahrscheinlich auch zusammen, daß in exzeptionell seltenen Fällen sonst gesunde Menschen willkürlich ihre Pupille erweitern können. Einen solchen Fall habe ich vor einigen Jahren mitgeteilt.[4]) In diesem Fall war es vollkommen evident, daß die Pupille willkürlich erweitert wurde. Daß diese Erweiterung durch Inanspruchnahme des frontalen Pupillenerweiterungscentrums zu Stande kam, ist wohl nicht zu bezweifeln. Man kann ihn jenen, nicht selten auch von mir beobachteten Zuständen an die Seite stellen, wo Kranke und selbst Gesunde willkürlich ihre Herztätigkeit beschleunigten oder verlangsamten.[5])

---

[1]) O. HAAB, Der Rindenreflex der Pupille. Arch. f. Augenheilk., Bd. 46, 1902. — Der Hirnrindenreflex der Pupille. Zürich 1891.

[2]) PILZ, Über Aufmerksamkeitsreflexe der Pupillen. Neurolog. Centralbl. 1899, Nr. 1 und Nr. 11.

[3]) BUNKE, Centralbl. f. Nervenheilk. 1903, Nr. 166.

[4]) W. BECHTEREW, Über die willkürliche Pupillenerweiterung. Nevrolog. vêstn. 1895, Bd. 3, H. 1.

[5]) G. CHEYNE, The English malady. Londres 1733. — E. F. WEBER, Arch. génér. de médecine 1881. — FREY, Müllers Archiv 1845. — WENDLING, Thèse. Straßburg 1864. — TARHANOV, Pflügers Archiv 1884.

3. Die Rindencentra der Akkommodation.

Sehr nahe Beziehungen zu den im Vorstehenden geschilderten Pupillencentren haben die kortikalen Centra der Akkommodation.

Das Gebiet der Rindencentra der Akkommodation ist noch völlig unbebauter Boden. Eine Literatur fehlt dieser Frage. Erst in ganz neuer Zeit wurden in meinem Laboratorium systematische Untersuchungen an Hunden und Affen behufs Nachweis der kortikalen Akkommodationscentra durchgeführt.[1])

Zur Darstellung der Akkommodation bedienten wir uns in einer Reihe der Versuche einer Nadel, welche seitlich von der Hornhaut schräg so in das Augeninnere eingeführt wurde, daß sie mit ihrem Ende die Vorderfläche der Linse berührte; in anderen Versuchen geschah dies mit Zuhilfenahme der Purkinje-Sanson'schen Spiegelbilder. Um den möglichen Einwand zu zerstreuen, daß die Nadel sich in der erstgenannten Versuchsreihe nicht infolge von Veränderungen der Linsenkrümmung dislocierte, sondern infolge von Verschiebungen der Linse selbst unter dem Einflusse von Veränderungen des Augenbinnendruckes, wurden in speziellen Kontrollversuchen die Zustände des intraocularen Druckes mittels des Tonometers von Maklakov angestellt. Man erkannte bei allem dem, daß die Verschiebungen der Nadel von Veränderungen der Linsenkrümmung abhingen, nicht aber durch Dislokationen des Linsenkörpers selbst erzeugt wurden. — Die Bewegungen der Nadel registrierte man zwecks größerer Objektivität in einzelnen Versuchen auf einer rotierenden geschwärzten Trommel (s. die umstehenden Kurvenzeichnungen).

Die Fixation des Auges geschah entweder durch Festhalten der Conjunctiva mittels einer Pinzette oder durch Abtrennung der äußeren Augenmuskeln, wobei die Abtragung der Augenlider das Manipulieren erleichterte.

Allen diesen Eingriffen aber ging die Trepanation voraus, unter Einleitung einer schwachen Morphium- oder Chloroformnarkose. Die Registrierung geschah in der Weise, daß man an das stumpfe Nadelende ein feines, 8 cm langes Stück Schilfrohr befestigte, welches mit einer rotierenden Trommel in Verbindung gesetzt wurde.

Zur Reizung des Gyrus sigmoideus bediente man sich des faradischen Stromes einer du Bois-Reymond'schen Rolle.

Behufs Erweiterung und Immobilisierung der Pupille bekamen die Versuchstiere Injektionen mit 5 proz. Euphthalminlösung, welche die Pupille erweitert, aber bekanntlich auf die Akkommodation nicht wirkt.

Als Quelle zur Erzeugung der Purkinje-Sanson'schen Spiegelbilder dienten zwei elektrische Lampen hinter einem Schirm mit kleinen viereckigen Öffnungen.

Das Ergebnis der zahlreichen so angestellten Versuche bestand in folgendem:

In der Gehirnrinde des Hundes (Fig. 207) und der Affen (Fig. 308) kommen mehrere Felder vor, welche Akkommodation erzeugen. Eines dieser Felder findet sich beim Hunde am hinteren Drittel der Parietalregion im Bereiche der zweiten und dritten Primärwindung, bei den Affen im Gebiete des Gyrus angularis. Außerdem ließ sich am Affenhirn noch ein weiteres Reflexfeld ermitteln, welches, 1 qcm groß, auf der Innenfläche des Occipitallappens dicht vor dem oberen Teil der Fissura calcarina seine Lage hat.

Bei beiden Tierformen aber besteht noch ein weiterer Reflexbezirk, welcher beim Hunde am vorderen Abschnitt des Gyrus sigmoideus vor dem Außenende des Sulcus cruciatus, bei den Affen vor dem unteren Drittel des Sulcus Rolando sich ausbreitet. Seine Reizung bewirkte ebenfalls konstant Akkommodation.

---

[1]) Bêlicki, Die Gehirncentra der Akkommodation. St. Petersburg 1902.

Kontrollversuche haben gezeigt, daß die Umschneidung dieser Centra in keiner Weise den Reizungseffekt veränderte, während ihre Unterminierung die Wirkung der Reizung stets vernichtete. Die Reizung der darunterliegenden weißen Substanz nach vollzogener Exstirpation des Reflexcentrums bewirkte ebenfalls Akkommodationsspannung, doch bedurfte es dazu etwas größerer Stromstärken.

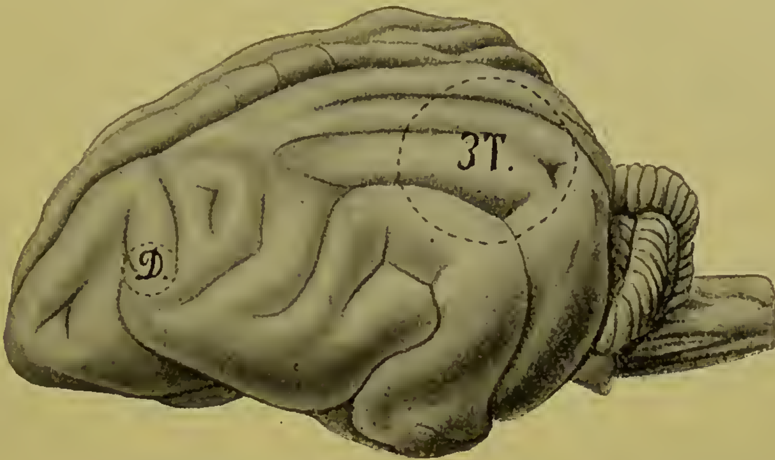


Fig. 307.
Gehirn vom Hunde.
Die Reizung der Stellen *D* und *3T* ergibt Akkommodationsspannung.

Die Akkommodationsspannung war gewöhnlich bilateral. Aber von der kontralateralen Hemisphäre aus war die Akkommodationswirkung in der Regel leichter erzielbar als im Falle der Reizung der gleichseitigen Hemisphäre.



Fig. 308.
Gehirn von Macacus. Die Reizung der Stellen *D* und *3T* ergibt Spannung der Akkommodation.

Nach vollzogener Durchschneidung des linken Oculomotorius bewirkte die Reizung des vorderen und hinteren kortikalen Akkommodationscentrums der linken Hemisphäre beim Hunde Akkommodationsspannung, wie zu erwarten war, nur am rechten Auge allein. Die Durchschneidung beider Oculomotorii hob die Wirkung auf die Akkommodation natürlich beiderseits auf.

Die gleichzeitige bilaterale Reizung der beiden vorderen Felder erzeugte eine etwas stärkere Wirkung, als die Reizung jedes Feldes für sich. Die Abtragung eines Reflexcentrums, wie auch die Durchschneidung des Balkens hob die zweiseitige Wirkung der Rindenreizung auf die Akkommodation nicht auf.

Wie sich ferner in den Versuchen herausstellte, ist das vordere Akkommodationscentrum beim Hunde etwas erregbarer als das hintere oder parietale Akkommodationscentrum.

Beachtung verdient sodann die Tatsache, daß bei der Reizung des vorderen sowohl, wie auch des hinteren Akkommodationsfeldes beider Hemisphären in einigen Fällen Nadelbewegungen nach vorne eintraten, also gewissermaßen eine Erschlaffung der Akkommodation stattfand. Möglicherweise handelte es sich hier um Reflexpunkte, welche eine herabsetzende Wirkung auf den Tonus des N. oculomotorius ausüben, oder um Punkte, welche den Sympathicus anreizen und somit — wie dies manche annehmen — eine Abflachung der Linse bewirken; positiv entscheiden läßt sich dies aber vorläufig nicht.

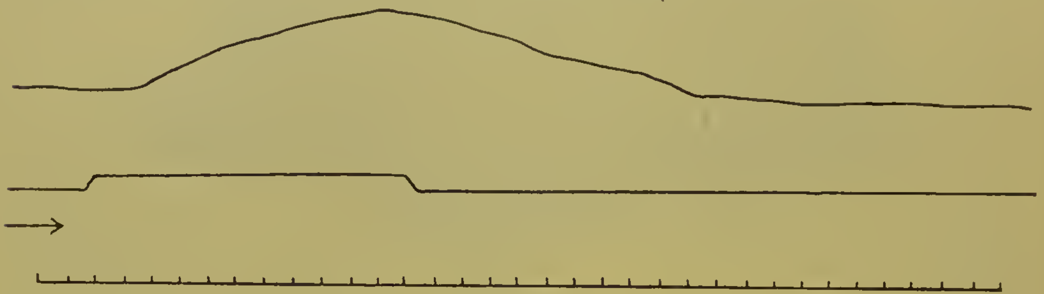


Fig. 309.
Kurve, erhalten durch Reizung des rechtsseitigen Feldes *D*. Rechtes Auge.

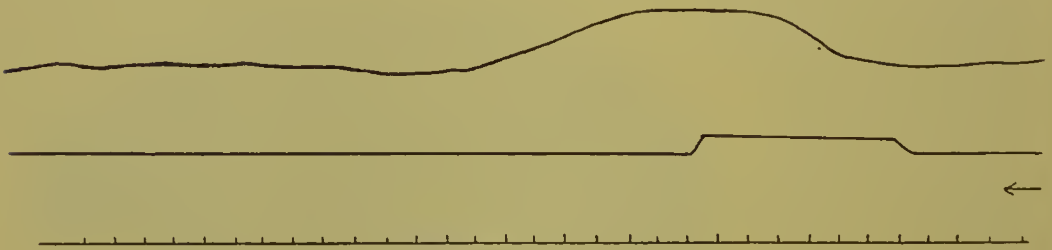


Fig. 310.
Kurve, erhalten durch Reizung des rechtsseitigen Feldes *D*. Linkes Auge.

Das erwähnte vordere Akkommodationscentrum ist, wie man annehmen muß, dasjenige Rindenfeld, welches in nächster Beziehung zu den Willkürbewegungen der Augen steht, die offenbar von dem vorderen Augenbewegungscentrum abhängen.

Da die Akkommodation, wie schon erwähnt, ein bis zu einem gewissen Grade vom Willen beeinflußbarer Akt ist, so erklärt uns dies die Bedeutung des vorderen Akkommodationscentrums als Centrum der willkürlichen Akkommodation.

Die Zerstörung des vorderen Vierhügels hatte in unseren Versuchen keinen Einfluß auf die Akkommodationsspannung, welche man durch Reizung des vorderen Akkommodationscentrums hervorrief. Daraus folgt, daß es sich hier um ein Reflexfeld handelt, welches funktionell den übrigen Centren der motorischen Zone der Gehirnrinde analog ist und somit als eigentliches motorisches Centrum des Musculus ciliaris funktioniert.

Das Auftreten dieses Akkommodationscentrums im Bereiche der motorischen Zone der Gehirnrinde liefert eine Erklärung für die vorhin erwähnte Möglichkeit einer willkürlichen Akkommodationsspannung, wie sie durch Beobachtungen am Menschen nachgewiesen ist.

V.

Die Rindencentra der Hautadnexa.

Wenn die Gehirnrinde Centra aufweist, welche — wie wir gesehen haben — durch die Fasern des Halssympathicus auf die Pupille Einfluß üben, so müssen in der Gehirnrinde offenbar auch Centra für jene glatten Hautmuskelfasern vermutet werden, welche als motorische Apparate der Haare funktionieren und bekanntlich ebenfalls dem Einflusse des Sympathicus unterstehen.

Die alltägliche Erfahrung spricht in der Tat für das Bestehen von Centren für die Haarbewegungen in der Gehirnrinde.

Bekanntlich ruft schon die bloße Vorstellung eines durchdringenden Tones oder eines schrecklichen Ereignisses bei vielen Menschen Gänsehaut unter Aufrichtung der Haare hervor. In einem von mir beobachteten Fall war diese Aufrichtung der Haare am ganzen Körper, die bei der geringsten psychischen Aufregung stattfand, zu einem qualvollen Symptom und zum Gegenstand beständiger Klagen seitens des Kranken geworden.

Von der Lokalisation dieser pilomotorischen Rindencentra haben wir indessen vorläufig keine Kenntnis. Aber die Tatsache der Kontraktion der pilomotorischen Muskeln unter dem Einfluß der Reizung der Gehirnrinde kann einem Zweifel nicht unterliegen.

Volle Beachtung verdienen in dieser Beziehung die Versuche von Kohn, welcher durch Reizung der motorischen Zone der Gehirnrinde beim Ziesel in zwei Fällen eine Zusammenziehung der Pilomotoren unter Aufrichtung der Schwanzhaare erzielte.

Die weiteren Experimentaluntersuchungen zu dieser Frage gehören der Zukunft an.

VI.

Die kortikale Innervation der inneren Körperorgane.

1. Die Wirkungen der Gehirnrinde auf den Respirationsapparat.

Schon die bekannte Tatsache, daß der Wille einen gewissen Einfluß auf die Atmung ausübt und daß die Atmung andererseits bei den Affekten sich in mehr oder weniger auffallender Weise verändert, weist unbedingt darauf hin, daß man außer dem allgemein bekannten Respirationscentrum im Verlängerten Mark und außer den ebenfalls früher betrachteten subkortikalen Assoziationscentren auch in der Ge-

hirnrinde, als Organ der psychischen Tätigkeiten, besondere Gebiete annehmen darf, welche im Falle ihrer Erregung in bestimmter Weise die Atmungsfunktion beeinflussen möchten.

a) Die Rindencentra der Atmung.

Schon seit Mitte der siebziger Jahre setzt eine Reihe von Untersuchungen ein, welche schließlich den Einfluß der Gehirnrinde auf die Atmung über jeden Zweifel erhoben haben. Nichtsdestoweniger sind in dieser wichtigen Frage bis in die neueste Zeit hinein mehrere strittige und unklare Punkte zurückgeblieben, sodaß diese Angelegenheit noch jetzt auf wissenschaftliches Interesse Anspruch erheben darf.

1. *Literarische Angaben.* — Soviel ich weiß, rühren die ersten Angaben, welche den Einfluß der Gehirnrinde auf die Atmung betreffen, von Lepine und Bochefontaine her.

Lepine hat bemerkt, daß man durch die Reizung der vorderen Teile der Gehirnrinde eine Zunahme der Frequenz der Atembewegungen erzielen kann.[1])

Zufolge der Angaben von Bochefontaine bewirkt die Reizung der Gehirnrinde anästhesierter Tiere mit faradischen Strömen eine außerordentliche Regellosigkeit der Atembewegungen.[2])

So z. B. ruft bei dem mit Chloralhydrat anästhesierten Hunde die faradische Reizung der Nachbarteile des Sulcus cruciatus häufig 4—6 schnellere Atembewegungen unter allgemeiner Unruhe des Versuchstieres hervor, welches dabei manchmal schwache Töne von sich gibt und nach dem Aufhören der Reizung in einen Zustand von Erstarrung verfällt.

In anderen Fällen beobachtete Bochefontaine bei der Reizung der Gehirnrinde eine tiefe und anhaltende Inspiration oder sogar zwei aufeinanderfolgende Atembewegungen. Nach dem Aussetzen der Reizung wurde alles wieder normal. Bochefontaine ist es aber nicht gelungen, an der Gehirnoberfläche besondere Stellen ausfindig zu machen, deren Reizung die obigen Veränderungen der Atmung bewirkte. Nach seiner Annahme sollen sogar alle Gebiete der Gehirnrinde, welche im Falle der Reizung einen motorischen Effekt ergeben, bei narkotischen Tieren gleichzeitig auch Veränderungen der Atmung hervorrufen.

Unter den Arbeiten, welche die Frage der eigentlichen Lokalisation der kortikalen Atmungscentra unmittelbar betreffen, ist hier der Untersuchungen Munk's über die Funktionen der Stirnlappen zu gedenken.[3]) Das Hauptziel dieser Untersuchungen ist zwar nicht auf die Atmungsfunktion gerichtet; da Munk aber behufs Darstellung der Funktionen des Stirnlappens sich auch der Reizungsmethode bedient hat, stieß er dabei auf eine Reihe von Erscheinungen seitens der Atmung, welche hier einer besonderen Beachtung wert sind.

---

[1]) Lepine, Comptes rendus des séances et mémoires de la société de biologie. 1875.

[2]) Bochefontaine, Étude expérim. de l'influence exercée par la faradisation de l'ecorce grise du cerveau sur quelques fonctions de la vie organique. Arch. de physiol. norm. et pathol. 1876.

[3]) H. Munk, Über die Stirnlappen des Großhirns. Sitzungsber. d. Berl. Akad. 1892.

Als Munk die Oberfläche des Stirnlappens mit dem faradischen Strom des Du Bois Reymond'schen Schlittenapparates bei 6 – 7 cm Rollenabstand ein wenig nach außen von dem medialen Ende des Sulcus principalis reizte, beobachtete er dabei inspiratorischen Atmungsstillstand. Bei dem Aussetzen der Reizung hörte der inspiratorische Tetanus des Zwerchfelles nicht sofort auf, sondern erst nach Verlauf einiger Zeit; nach dem Aufhören des inspiratorischen Tetanus nahm die Frequenz der Atmung zunächst zu und dann erst wurde sie normal. In einigen Fällen kam es auch vor der Ausbildung des inspiratorischen Tetanus zu beschleunigter Atmung, wobei die Inspirationen ihrer Intensität nach immer mehr über die Exspiration das Übergewicht erhielten, bis schließlich inspiratorischer Stillstand eintrat. Bei geringer Verschiebung der Elektroden erhielt Munk im allgemeinen den gleichen Effekt, wenn auch in weniger ausgesprochener Form; wurden die Elektroden aber stärker verschoben, z. B. an die innere Hemisphärenoberfläche oder auf den Bulbus olfactorius, dann blieb die Wirkung aus oder es traten ganz entgegengesetzte Erscheinungen auf.

Wenn die Elektroden auf die Unterfläche des Stirnlappens, ungefähr auf die Mitte desselben gesetzt wurden, so beobachtete man bei der faradischen Reizung lebhafte Exspiration, bedingt durch Zusammenziehung der Bauchmuskeln und nur bei anhaltenderer Reizung mit häufigen und tiefen Inspirationsbewegungen abwechselnd. Auch in diesem Fall hörten die stoßförmigen Kontraktionen der Bauchmuskeln nach dem Aussetzen der Reizung nicht mit einem Male auf, sondern hielten sich noch einige Zeit und ließen nur allmählich nach, bis die Atmung zur Norm wiederkehrte.

Volle Beachtung verdient der Umstand, daß es Munk nicht immer gelingen wollte, die wirksame Rindenzone genau zu umgrenzen. Wenn er sie aber gefunden hatte, dann durften die Elektroden, falls man auf einen Effekt rechnete, nur wenig seitlich verrückt werden, da sonst alle Erscheinungen von Seiten der Atmung ausblieben.[1])

Einen Schritt rückwärts in der Erkenntnis der Lokalisationsverhältnisse der kortikalen Atmungscentra bedeutet das Erscheinen der Mitteilungen von Fr. Franck.

Nichtsdestoweniger kommt diesen Untersuchungen ein besonderer Wert zu, da dabei eine Reihe von Einzelheiten, welche die Veränderungen der Atmung bei Rindenreizungen betreffen, ihre Bearbeitung fanden.

Franck experimentierte an Hunden und Katzen. Die Reizung der Gehirnrinde geschah, wie gewöhnlich, mit dem faradischen Strome. Bei der Untersuchung der Atmung der operierten Tiere verfolgte Franck nicht nur den Zustand der thorakalen und abdominalen Atmung, sondern bestimmte auch den intrathorakalen Luftdruck, die Schnelligkeit der Luftbewegung in den Bronchien und die Bewegungen der Stimmbänder.

Es stellte sich dabei heraus, daß Veränderungen der Atmung konstant auftreten bei der Reizung der motorischen Zone der Gehirnrinde. Die Reizung anderer Rindengebiete ergab gar keine Veränderungen der Atmung oder ergab solche nur in dem Falle, wenn die Reizung sich

---

[1]) H. Munk, Über die Stirnlappen des Großhirns. Sitzungsber. d. Berl. Akad. 1892.

auf die motorische Zone ausbreitete unter Erzeugung eines epileptischen Anfalles.

Die Reizung der vorderen Randwindung ergab bei Untersuchungen an der Katze eine Zunahme der Atmungsfrequenz und eine Vertiefung der Atmung, während die Reizung der hinteren Randwindung einen entgegengesetzten Effekt lieferte, da die Atmung dabei an Frequenz verlor und oberflächlicher wurde.

Bei seinen Versuchen an Hunden erhielt Franck von der hinteren Randwindung aus nicht eine Verlangsamung, sondern eine Beschleunigung der Atmung mit Vertiefung derselben. Dagegen beobachtete er Verlangsamung und Stillstand der Atmung im allgemeinen äußerst selten und nur bei der Anwendung starker Ströme, welche zum Auftreten epileptischer Anfälle führten. Als charakteristischen Typus der Atmungsveränderungen bei der Reizung der Gehirnrinde bezeichnet Franck im allgemeinen die Beschleunigung und Verlangsamung der Atmung, doch kommt erstere weitaus häufiger vor als letztere.

Neben den Veränderungen der Atmung beobachtete Franck auch die Veränderungen des Zustandes bezw. der Weite der Stimmspalte. Bei der Inspiration trat stets eine Erweiterung, bei der Exspiration eine Verengerung der Glottis ein. Da Franck in keinem seiner Fälle ein Mißverhältnis zwischen den Atmungsbewegungen und den Stimmspaltenbewegungen nachweisen konnte, nimmt er an, daß bei der Reizung der Gehirnrinde der gesamte motorische Atmungsapparat des Kehlkopfes und des Thorax in Aktion gesetzt wird. Er stellt übrigens die Möglichkeit einer Nichtkorrespondenz zwischen den Bewegungen der Stimmbänder und den Atembewegungen nicht in Abrede, da eine solche unter dem Einfluß des Willens, sowie in pathologischen Fällen vorkommen kann.

Die weiteren Beobachtungen Franck's betreffen die Veränderungen der Atmungsfunktion im epileptischen Anfall. Diese Veränderungen bestehen wesentlich in folgendem:

Im partiellen epileptischen Anfall, wobei die Krämpfe sich z. B. nur auf ein Bein beschränken, bleibt die Atmung nicht nur nicht stehen, sondern sie erfährt sogar eine gewisse Beschleunigung und Vertiefung. Dabei spannen sich aber sowohl die Brustmuskeln, als auch die Bauchmuskeln und es kommt zu einem Ansteigen des intrathorakalen Druckes.

Im allgemeinen epileptischen Anfall kommt die Atmung während der tonischen Phase vollkommen zum Stillstande, aber sie setzt schon vor dem Übergange der tonischen in die klonische Phase wieder ein. In der tonischen Phase steigt der intrathorakale Druck hochgradig an, es entsteht Spasmus der Stimmspalte und es kommt zur Asphyxie. Zu bemerken ist jedoch, daß die Krämpfe der Brust- und Bauchmuskeln sich nicht immer in derselben Weise verhalten, wie die Krämpfe der Extremitätenmuskeln. Jene weisen manchmal tonische Zuckungen auf zu einer Zeit, wo diese sich im Zustande klonischer Krämpfe befinden und umgekehrt können jene stoßförmige krampfartige Kontraktionen aufweisen, während diese sich tonisch zusammenziehen.

Während der klonischen Periode des epileptischen Anfalles wird die Atmung unregelmäßig; der intrathorakale Druck steigt an, weist aber hochgradige Schwankungen dabei auf. Die Stimmspalte öffnet

sich, wie gewöhnlich, bei der Inspiration und schließt sich, wenn auch nicht vollständig, bei der Exspiration.

Franck zieht nun aus seinen zahlreichen Untersuchungen folgende Schlußsätze:

Die Reizung der motorischen Zone der Gehirnrinde bewirkt Veränderungen sowohl der Frequenz, als auch der Tiefe der Atembewegungen, dabei aber ist ein bestimmtes Verhältnis zwischen der einen oder anderen Reizungsstelle und dem Charakter der bei der Reizung auftretenden Atmungsveränderungen nicht vorhanden. Daher gibt es nach der Meinung von Franck in der Gehirnrinde keine besonderen Centra, welche die Atmung beschleunigen oder verlangsamen. Die bei der Reizung der Rinde eintretenden Atmungsveränderungen hängen ab einerseits von der Reizstärke, andererseits von dem Erregbarkeitszustande der Gehirnrinde.

Schwache Reize bewirken im allgemeinen eine Zunahme der Atmungsfrequenz; stärkere Reize verlangsamen sie und führen in seltenen Fällen zum Stillstande der Atmung.

Außer Veränderungen der Atmungsfrequenz beobachtet man bei Reizung der Gehirnrinde auch Veränderungen, welche in der Neigung zu Inspirationen bezw. zu Exspirationen sich äußern; im ersten Fall nimmt die Amplitude der Atembewegungen zu, im zweiten Fall nimmt sie ab. Was die Stimmspalte betrifft, so wird sie im ersten Fall weiter, im zweiten enger, wobei auch die Bronchien sich zusammenziehen.

Auch für die Inspiration und Exspiration bestehen keine eigenen kortikalen Centra, und ebenso gibt es keine besonderen Punkte auf der Gehirnoberfläche für die Bewegungen der Stimmbänder und für das Diaphragma.

Überhaupt ergibt nach der Meinung von Franck jedes erregbare Gebiet der Gehirnrinde je nach dem Grade der Reizung und je nach dem Zustande der Rindenerregbarkeit bald diese, bald jene Veränderung der Atmung oder der Stimmbänder.[1])

Mit diesen Sätzen gelangt Franck in einen offenbaren Widerspruch zu der herrschenden Lehre von der Lokalisation der Rindenfunktionen.

Schon Krause hat diese Sätze Franck's (in einer Untersuchung, auf welche wir später noch näher eingehen) einer Kritik unterworfen.[2]) Er bestreitet es ihm gegenüber, daß in der Rinde ein besonderes Atmungscentrum angeblich nicht vorkommen soll und daß man von einem beliebigen Punkte der sog. motorischen Rindenzone aus Veränderungen der Atmung soll erzielen können.

Franck's Irrtum besteht, wie Krause ausführt, darin, daß er bei seinen Untersuchungen ziemlich starker Ströme sich bediente. Die Reizung breitete sich daher längs der Gehirnoberfläche in den Franckschen Versuchen auf weite Strecken aus, und daher konnte Franck auch ein bestimmtes Feld der Gehirnrinde, welches bestimmte Veränderungen der Atmung liefert, nicht ermitteln. Mittels der Reizung durch mäßige oder schwache Ströme fällt es, wie Krause meint, gar nicht schwer, die besonderen Gebiete ausfindig zu machen, welche für die

---

[1]) François-Franck, Fonctions motrices du cerveau. Paris 1887.

[2]) Krause, Zur Frage der Lokalisation des Kehlkopfes an der Großhirnrinde. Berlin. klin. Wochenschr. 1890, Nr. 25.

Bewegungen der Zunge, der Kiefer usw. bestimmt sind; mäßige Rindenreizung wird dabei weder von Veränderungen der Atmung, noch von Veränderungen des Zustandes der Stimmspalte begleitet. Im Hinblick auf das Ergebnis von Munk's Versuchen und auf die Beteiligung des Willens an der Atmungsfunktion neigt Krause schließlich zu der Annahme eines besonderen Atmungscentrums in der Gehirnrinde.

Krause gibt dann im Bereiche des Gyrus praefrontalis ein besonderes Centrum für die Stimmspalte an. Er erkannte dabei, daß das Schließen der Stimmspalte nicht unbedingt mit bestimmten Veränderungen der Atmung zusammenzufallen braucht, sondern sowohl in der Inspiration, wie auch in der Exspiration erfolgen kann.

Nach den Mitteilungen von Danilevski bewirkt die Reizung der Rindencentra Veränderungen der Atmung, mit denen Veränderungen des vasomotorischen Apparates Hand in Hand gehen.[1])

Als er das Facialisfeld und einen Teil des Gyrus sigmoideus reizte, beobachtete Danilevski Veränderungen der Atmung, bestehend in tiefer Inspiration mit nachfolgender langsamer Exspiration, worauf auf einige Zeit Atmungsstillstand eintrat.

Bei Danilevski findet man auch Angaben darüber, daß die Reizung der Gehirnrinde eine Beschleunigung der Atmung bewirkt.[2])

Die Untersuchungen von Unverricht haben zu mehr oder weniger positiven Resultaten bezüglich der Rindenregion, welche auf die Atmung Einfluß üben, geführt.

Zu diesen Untersuchungen dienten ihm Hunde, welche er mit Morphium narkotisierte. Zur Registrierung bediente er sich einer besonderen mit einem Ballon verbundenen Sonde, welche er in den Oesophagus einführte. Die Rindenreizung geschah mittels des faradischen Stromes.

Zufolge dem Ergebnisse dieser Untersuchungen Unverricht's treten Erscheinungen von Seiten der Atmung auf bei der Reizung nicht der ganzen motorischen Zone, sondern eines streng umschriebenen Teiles derselben, welcher auf der dritten Primärwindung nach außen von dem Centrum für den M. orbicularis oculi seine Lage hat. Die Reizung dieses Feldes führte zur Verlangsamung der Atmung und selbst zum Atmungsstillstande. Dabei beobachtete man weder eine Steigerung der Inspiration, noch eine Steigerung der Exspiration.

Nach den Beobachtungen von Unverricht hält der Atmungsstillstand noch einige Zeit nach dem Aussetzen der Reizung an. Auch geht er nicht selten dem epileptischen Anfalle voraus, wenn dieser durch Reizung der Gehirnrinde erzeugt wurde.

Auszuschließen ist nach Unverricht's Meinung die mögliche Annahme, daß die Atmungsveränderungen im vorliegenden Fall im Wege des Reflexes von den sensiblen Gebieten aus zu Stande kommen. Denn in diesem Fall müssen auch von anderen Rindenpartien aus Atmungsveränderungen erzielbar sein, was aber in Wirklichkeit nicht zutrifft.

Im Hinblick auf alle diese Verhältnisse durfte angenommen werden, daß es sich hier um ein besonderes Centrum handelt, welches verlangsamend auf die Atmung wirkt. Unverricht erkannte aber, daß die

---

1) W. Danilevski, Gehirn und Atmung.
2) W. Danilevski, Untersuchungen zur Physiologie des Gehirns. 1874. Pflügers Archiv 1875, Bd. 11.

Vergiftung der Versuchstiere mit Chloralhydrat wohl die Erregbarkeit der motorischen Centra der Gehirnrinde vernichtet, aber auf die erwähnte Rindenregion keinen wesentlichen Einfluß übt. Deshalb erkennt Unverricht das von ihm aufgefundene Rindenfeld nicht als besonderes Atmungscentrum an, sondern betrachtet dasselbe als ein Gebiet, in welchem Hemmungsfasern in großer Menge zusammentreffen.

In diesem Punkte kann ich Unverricht aber gar nicht beipflichten. Denn das Vorkommen besonderer, spezieller Hemmungsfasern in dem Zentralnervensystem unterliegt doch großen Zweifeln. Wenn das Chloralhydrat weniger auf die Erregbarkeit des Unverricht'schen Rindenfeldes wirkt, als auf die nachbarlichen Bewegungscentra, so ist dies gewiß eine bemerkenswerte Tatsache, aber den Begriff des Centrums schließt dies keineswegs aus. Es bezeugt vielmehr nur, daß es sich hier um ein Centrum handelt, welches nicht so leicht der Hemmungswirkung des Chloralhydrates nachgibt, aber auch nicht mehr. Unter allen Umständen liefert dies Verhalten zum Chloralhydrat keinen hinreichenden Grund, an der von Unverricht angegebenen Stelle das Bestehen eines besonderen Rindencentrums, welches auf die Atmung verlangsamend wirkt, abzuleugnen.

Bei einer späteren Gelegenheit greift Unverricht auf seine früheren Untersuchungen über das Bestehen eines besonderen die Atmung hemmenden Centrums in der Hirnrinde zurück, dessen Reizung Stillstand der Atmung bewirkt. Er bemerkt, daß eine anhaltendere Reizung anfangs die Atmung aufhält, später aber setzen allgemeine Krämpfe unter Beteiligung der Respirationsmuskeln ein.[1])

Von Bedeutung für die Frage der kortikalen Atmungscentra ist ferner eine Mitteilung von Preobraženski.[2])

Er experimentierte an Katzen und zum Teil auch an Hunden. — Behufs Registrierung der Atembewegungen wurde eine Kanüle in den Bronchus der Versuchstiere eingeführt. Die Kanüle stand durch ein Rohr mit der Marey-schen Trommel in Verbindung, an welcher sich eine Feder befestigt fand. — Außerdem registrierte man die Bewegungen des Zwerchfelles mittels des ein wenig modifizierten Rosenthal'schen Phrenographen.

Preobraženski fand bei diesen Untersuchungen, daß es bei der Reizung des von Unverricht angegebenen Punktes zum Atmungsstillstand in der Exspiration kommt.

Auch bei der Katze fand Preobraženski ein exspiratorisches Centrum, welches in der Umgebung des vorderen Abschnittes der Furche zwischen zweiter und dritter Windung seine Lage hat. Die Wirkung kommt am leichtesten zu Stande, wenn die eine Elektrode auf der einen, die zweite auf der anderen Windung zu liegen kommt.

Bei dem Aussetzen der Reizung hörte gewöhnlich auch die Hemmung der Exspiration auf.

In einigen Fällen gelang es Preobraženski 30—40 mal mit kurzen Unterbrechungen Atmungshemmung zu erzeugen.

Bei der Katze erhielt Preobraženski in manchen Fällen durch Reizung der Gehirnrinde inspiratorischen Tetanus des Zwerchfelles.

---

[1]) Unverricht, Über die Epilepsie. Sammlung klinischer Vorträge. Leipzig 1897, Nr. 196.

[2]) Preobraženski, Über das Atmungscentrum in der Hirnrinde. Wiener klin. Wochenschr. 1890, Nr. 41—43.

Beim Hunde dagegen konnte er nur eine Frequenzzunahme und Vertiefung der Atmung erzeugen. Doch zeichneten sich diese Wirkungen im ganzen durch große Unbeständigkeit aus.

Bei der Nachprüfung der MUNK'schen Versuche am Stirnlappen konnte PREOBRAŽENSKI sich nicht von der Existenz der besonders von MUNK angegebenen Stelle daselbst überzeugen, deren Reizung Atmungsstillstand hervorruft. Wenn es auch gelang, vom oberen Teil des Stirnlappens aus Atmungsstillstand zu bewirken, so handelte es sich um Fälle, wo infolge von Übergang der Reizung auf die motorische Zone sich epileptische Anfälle entwickelten.[2])

In ihren Untersuchungen über die kortikalen Centra des Kehlkopfes behandeln HORSLEY und SEMON sowohl die phonatorischen als auch die respiratorischen Kehlkopffunktionen.

Eine Beschleunigung der Atmung beobachteten HORSLEY und SEMON bei der Reizung des Gyrus praecruciatus (Gyrus praefrontalis Owen). Was die Steigerung der Atmungsbewegung betrifft, so erfolgt eine solche bei der Reizung des Rindenbezirkes in der Nachbarschaft des unteren Endes des Sulcus cruciatus. Bei der Katze findet sich, wie HORSLEY und SEMON in ihren Experimenten erkannt haben, ein Innervationscentrum über der Region des Sulcus olfactorius.[1])

Beachtung verdienen hier ferner die Untersuchungen von LAVRINOVIČ (aus dem Laboratorium von DANILEVSKI).

Er experimentierte an Katzen und Hunden. Registriert wurde mit dem MAREY'schen Pneumographen, einer T-förmigen in die Trachea eingeführten Röhre, und dem nadelförmigen Phrenographen mit Haken, welcher am Zwerchfelle angriff. Außerdem wurde behufs Registrierung der Respirationsbewegungen der Bauchwände zwischen Zwerchfell und Leber ein mit der MAREY'schen Trommel verbundener Ballon eingeführt.[2])

Bei der faradischen Reizung der Gehirnrinde des Hundes erhielt LAVRINOVIČ eine auffallende Wirkung auf die Atmung von der Stelle aus, welche der Fissura suprasylvia anterior (ELLENBERGER) etwa 34 mm von ihrer Verbindungsstelle mit der Fissura suprasylvia media folgt. Doch beschränkt sich das wirksame Gebiet nicht auf die Furche allein, sondern umfaßt auch einen Teil der angrenzenden Windungen und erstreckt sich nach hinten und unten auf den Gyrus ectosylvius anterior, nach oben und vorne auf den Gyrus coronarius.

Im ganzen nimmt der respiratorisch aktive Teil der Rinde eine Fläche von etwa $^3/_4$ cm Durchmesser ein. Die faradische Reizung dieses Feldes übt eine depressorische Wirkung auf die Atmung im Sinne einer starken Verlangsamung bezw. eines totalen Stillstandes der Atmung aus. Bei ruhigem Verhalten der Respirationsmuskeln wurde diese Wirkung nicht selten von einer tiefen Inspiration begleitet, welche jedoch zu verschiedenen Zeiten, bald im Beginn, bald in der Mitte, bald am Ende der Reizung eintrat.

Als er das respiratorisch aktive Rindenfeld mit Elektroden reizte, welche 2—10 mm tief in der Gehirnrinde saßen, bemerkte LAVRINOVIČ

---

[1]) V. HORSLEY and F. SEMON, An experim. investigation of the centr. motor innervation of the larynx. Proc. of the royal society of London. Vol. XLVIII. 1890. Vgl. auch Berlin. klin. Wochenschr. 1890, S. 84.

[2]) M. O. LAVRINOVIČ, Über den Einfluß des Gehirns auf die Atmung. Gesammelte physiolog. Abhandl. für A. u. V. DANILEVSKI, 1891, Bd. 2.

Unterschiede der Tätigkeit der Brustmuskeln, der Bauchmuskeln und des Zwerchfelles. Die starke Funktion, welche häufig am Ende der eingetretenen Atmungsveränderung einsetzte, beruhte meist auf der lebhaften Arbeit der Brustmuskeln.

Bei der Katze ermittelte Lavrinovič zwei Stellen, deren Reizung entgegengesetzte Wirkungen hat.

Das eine Feld liegt auf der dritten Windung, 2 mm nach außen von dem vorderen Ende der Furche, welche die zweite Windung von der dritten abgrenzt.

Das andere Feld lag auf der Furche, welche die zweite Windung von der dritten trennt, 2—3 mm von der Stelle entfernt, wo diese Furche aus der sagittalen Richtung nach unten und außen umbiegt.

Die Reizung des erstgenannten Feldes bewirkte eine Beschleunigung der Atmung, welche dabei zugleich oberflächlicher wurde. Die Reizung des anderen Feldes erzeugte Verlangsamung der Atmung mit Abnahme der Respirationsbewegungen; manchmal blieb der Thorax bei ruhigem Verhalten der Respirationsmuskeln stehen.

Die Reizung der anderen Rindengebiete lieferte in den Versuchen von Lavrinovič ein negatives Resultat bezüglich der Atmung.

In der zweiten Versuchsreihe handelte es sich um die Bestimmung der Atmungsreflexe bei den Affekten nach voraufgehender Abtragung der Centra, welche auf die Atmung wirken. Lavrinovič bediente sich dabei verschiedener Licht- und Schallreize, wobei sich herausstellte, daß die Versuchstiere nach vollzogener Abtragung der erwähnten Centra unfähig geworden waren, auf solche Reize mit Veränderungen der Atmung zu reagieren.

In der aus dem gleichen Laboratorium hervorgegangenen Arbeit von Čerevkov findet man ebenfalls einzelne Angaben über den Einfluß der Gehirnrinde auf die Atmung.

Čerevkov beobachtete bei seinen Untersuchungen die Veränderungen der Frequenz und der Tiefe der Atmung bei der Reizung der vorderen Hemisphärenabschnitte. Manchmal brachte selbst eine starke Reizung der nach hinten und außen vom Facialiscentrum befindlichen, Gegend die Atmungsbewegungen zum Stillstande. — Bei der Reizung der vorderen Hemisphärenabschnitte war die Atmung bald verlangsamt, bald beschleunigt, bald vertieft oder kurz, abgebrochen; manchmal gelang es, durch starke elektrische Reizung der Stelle, welche sich ein wenig nach hinten und außen von dem Facialiscentrum befand, einen totalen Stillstand der selbständigen Atembewegungen zu bewirken.

Übrigens beschränkt sich Čerevkov auf ganz allgemeine und kurze Bemerkungen bezüglich des Einflusses der Rinde auf die Atmung, offenbar weil die Hauptaufgabe seiner Untersuchungen den Einfluß des Gehirns auf das Herz- und auf das Gefäßsystem betraf.

Zufolge den an Affen, Hunden und Katzen ausgeführten Experimentaluntersuchungen Spencer's gibt es im Bereiche der Gehirnrinde Stellen, deren Reizung verschiedene Veränderungen der Atmung bewirkt, nämlich 1. die Abschwächung der Atmungsfunktion, bestehend in einer Verlangsamung bezw. Stillstand der Atembewegungen; 2. eine Steigerung der Atmungsfunktion, sich äußernd in der Frequenzzunahme der Atembewegungen in Gestalt eines hochgradigen inspiratorischen

Klonus (hyperinspiratory clonus) bezw. eines hochgradigen inspiratorischen Tetanus (hyperinspiratory tonus).[1])

Ganz besonders häufig und leicht hervorrufbar ist der inspiratorische Tetanus. Man erhält ihn u. a. auch reflektorisch durch die Reizung der Dura mater, des Trigeminus und Ischiadicus. und zwar gelingt dies selbst nach vollzogener Abtragung des Gehirns durch einen Schnitt in der Gegend des Tentorium cerebelli.

Von den genannten Rindengebieten liegt das die Atmung verlangsamende vertikale Centrum nach den Befunden von Spencer lateral vom Tractus olfactorius. Das Rindencentrum für die Beschleunigung der Atmung findet sich auf der konvexen Hemisphärenfläche im Bereiche der sensitiv-motorischen Zone.

Außerdem nennt Spencer noch ein besonderes Centrum, dessen Reizung speziell Schnupperbewegungen zur Folge haben soll.

Gianelli hat gefunden, daß man Veränderungen der Atmung nur vom Stirnlappen aus erzielen kann. Er unterscheidet hier zwei Atmungscentra: 1. ein Centrum für die exspiratorischen Bewegungen liegt nach seinen Befunden im Gebiete des Gyrus cruciatus anterior unmittelbar vor dem Sulcus cruciatus und in der Nähe der Fissura interhemisphaerica; 2. ein Centrum für die Funktionsbewegungen liegt um das mediale Ende der Fissura praesylvia.[2])

In neuerer Zeit haben sodann Langelaan und Beyermann beim Hunde an der Spitze des Gyrus sigmoideus ein kleines Rindenfeld bemerkt, dessen Reizung eine Beschleunigung und Vertiefung der Atmung mit inspiratorischer Thoraxhaltung bewirkte. Bei der Abtragung dieses Centrums kam es zu Verlangsamung und Ungleichmäßigkeit der Atmung und zu Seufzerbewegungen.[3])

Manche Beobachter schließlich wollen vermutungsweise sogar getrennte Atmungscentra für die thorakale und abdominale Respiration annehmen (Dr. Gorbunov). Allein diese Annahme erscheint durch Tatsachen nicht hinreichend begründet und unterliegt daher nicht der weiteren Diskussion.

2. *Experimentelle Untersuchungsergebnisse.* — In obiger literarischer Zusammenstellung bin ich auf die Befunde meines eigenen Laboratoriums noch nicht eingegangen, da diese eine besondere Darstellung erheischen.

Doch erkennt man, daß die Frage über den Einfluß der Gehirnrinde auf die Atmung, trotz der Bemühungen zahlreicher Autoren, bis in die neueste Zeit hinein ihre Lösung nicht gefunden hat.

Vor allem gehen die Darstellungen selbst recht weit in ihren Ergebnissen auseinander, und zwar nicht nur bezüglich der Topographie der respiratorisch aktiven Rindengebiete, sondern auch hinsichtlich des Wesens der Reizwirkungen auf die Atmung, ganz abgesehen davon, daß manche das Vorhandensein besonderer kortikaler Atmungscentra

---

[1]) W. Spencer, The effect produced upon respiration by faradic excitation of the cerebrum. etc. Proceedings of the Royal Society of London. 1894. Vol. XV.

[2]) A. Giannelli, L'influenza della cortecia cerebrale etc. Ann. di Nevrol. fasc. 6. 1900.

[3]) I. Langelaan and D. Beyermann, On the localisation of a respiratory. etc. Brain. Vol. CI. 1903, S. 81.

völlig in Abrede stellen in der Voraussetzung, daß jeder beliebige Punkt der motorischen Rindenzone, dessen Reizung Gliedmaßenbewegungen hervorruft, auch geeignet sein soll, bestimmte Veränderungen der Atmung zu liefern, deren Verhalten aber ebenfalls nicht von der Lage des gereizten Punktes, sondern von der Stärke des angewandten Reizes abhängt.

Aber auch jene Beobachter, welche von der Existenz besonderer kortikaler Atmungscentra überzeugt sind, gehen in ihren Auffassungen noch recht weit auseinander; sowohl bezüglich der Lage dieser Centra, als auch bezüglich des sonstigen Verhaltens derselben. Denn wir finden Rindencentra beschrieben, deren Reizung je nach dem Untersuchungsbefunde Beschleunigung, Steigerung, Hemmung der Atmung bald in der Exspiration, bald in der Inspiration, bald in vollständiger Ruhe ergab.

Ferner schrieben die Einen, wie Krause und Horsley, den kortikalen Atmungscentren willkürliche Wirkungen zu. Andere, wie Lavrinovič, betrachten diese Centra als Gebiete, welche zur Übertragung der Psychoreflexe dienen. Genug, auch in dieser wie in vielen anderen Beziehungen fehlt es nicht an Meinungsverschiedenheiten.

Alles dies drängte natürlich zu einer Prüfung des Gegenstandes an der Hand spezieller Experimentaluntersuchungen, um über die Frage der kortikalen Atmungscentra ein klares Bild zu gewinnen.

Ich habe daher schon um Mitte der 80er Jahre die Untersuchungen über die respiratorischen Funktionen der Gehirnrinde aufgenommen und diese dann mit verschiedenen Unterbrechungen immer wieder fortgeführt unter sukzessiver Darstellung der jeweils in dieser Beziehung erzielten Ergebnisse.

Schon bei meinen Untersuchungen an der motorischen Zone der Gehirnrinde[1]) gelang es mir festzustellen, daß man bei der Reizung der motorischen Zone verschiedener Tiere hochgradige Wirkungen auf die Atmung beobachtet. Ich äußerte mich daher schon damals für die Annahme eines besonderen respiratorischen Reflexcentrums, wenn es mir auch noch nicht gelungen war, die Lage des Punktes, welcher auf die Atmung einwirkt, ganz genau zu ermitteln.

Ich verfolgte sodann in Verbindung mit Dr. Ostankov speziell die kortikalen Schluck- und Atmungscentra und gelangte dabei zu dem Ergebnisse, daß am Hundegehirn sich eine Stelle findet, welche eine hochgradige Frequenzzunahme der Atmung mit Verlangsamung der Exspirationsphase bezw. exspiratorische Dyspnoe ergibt. Dieses Rindenfeld findet sich am vorderen Ende der zweiten Windung (Landois), unmittelbar in dem von mir untersuchten Gebiet des Schluckcentrums.[2])

Nach einer anhaltenden Exspiration kam es bei den Versuchstieren nicht selten zu einer Schluckbewegung, offenbar infolge der nahen Lage des Schluckcentrums. In meinen Versuchen setzte die Atmungsbeschleunigung sofort aus, wenn man die Reizung einstellte; sie trat aber wieder ein, sobald man von neuem die Reizung einwirken ließ.

---

[1]) W. Bechterew, Physiologie der motorischen Zone der Gehirnrinde. a. a. O.

[2]) W. Bechterew und P. Ostankov, Über den Einfluß der Gehirnrinde auf die Funktion des Schluckens und Atmens. Nevrolog. vêstn. 1894. Bd. 2 S. 2. Neurolog. Centralbl. 1894. Nr. 16.

Späterhin verfolgte ich dann speziell die Verhältnisse der kortikalen Atmungscentra bei den Affen.[1]) Ich komme darauf noch zurück.

Außerdem veranlaßte ich in meinem Laboratorium eine systematische Untersuchung der Atmungscentra des Gehirns (Dr. Žukovski), deren Ergebnisse zuerst in einer vorläufigen Mitteilung[2]) und später in ausführlicher Darstellung[3]) veröffentlicht wurden.

Diese an Hunden (Fig. 311) und zum Teile auch an Katzen (Fig. 312) durchgeführten Untersuchungen umfassen u. a. auch jene Ergebnisse, welche ich schon früher über die kortikalen Atmungscentra des Hundes mitgeteilt hatte. Ich werde daher zunächst die Befunde darstellen, welche bei den soeben erwähnten Untersuchungen über die Wirkungen der Gehirnrinde auf die Atmung in meinem Laboratorium erzielt worden sind.



Fig. 311.
Gehirn des Hundes. — Die Rindenfelder *a*, *b*, *c* erzeugen Veränderungen der Atmung.

Die diesbezüglichen Versuche verliefen zum größten Teil unter mäßiger Morphiumnarkose (0,003 g pro Kilo Versuchstier) und nur zur Kontrolle stellte man einige der Versuche ohne Narkose an. Die Rinde reizte man mit dem faradischen Strom; die Exstirpationen einzelner Stellen der Gehirnrinde geschahen mit dem scharfen Löffel oder Skalpell.

Behufs Ermittelung des Einflusses der Nerven auf die Atmung reizte man diese mit dem elektrischen Strom oder mittels spezifischer Reizung der äußeren Sinneswerkzeuge.

Die Bewegungen des Brustkorbes wurden durch den Marey'schen Apparat und meinen Pneumographen[4]) aufgezeichnet.



Fig. 312.
Gehirn der Katze. — Das mit *b* bezeichnete Rindenfeld bewirkt Hemmung der Atmung in der Exspiration.

---

[1]) W. Bechterew, Über die Rindencentra der Affen. Obosrên. psihiatr. 1887. S. 462. — Ergebnisse von Versuchen mit Reizung der hinteren Hemisphärenabschnitte und des Sensibilitätscentrums der Affen. Ibid. 1890. S. 64. Vgl. auch Nevrolog. vêstn. 1899 und Archiv f. Anatomie u. Physiologie 1899.

[2]) M. Žukovski, Über den Einfluß der Gehirnrinde und der subkortikalen Ganglien auf die Atmung. Obosrên. psyhiatr. 1897. S. 614.

[3]) M. Žukovski, Über den Einfluß der Gehirnrinde und der subkortikalen Ganglien auf die Atmung. Dissert. St. Petersburg 1898. Arbeiten der Psychiatr. Klinik zu St. Petersburg 1899.

[4]) W. Bechterew, La laboratoire psychophysiologique de l'université de Kasan. Travaux du congrès internat. de zoologie et archéologie 1882.

Die Registrierung der respiratorischen Exkursionen der Luftsäule geschah mit Hilfe des T-förmigen Glasrohres, welches durch eine angelegte Öffnung in die Trachea eingeführt wurde, wobei der Seitenarm dieses Rohres durch den Gummischlauch mit einer Marey'schen Trommel in Verbindung gebracht wurde.

Die Bewegungen des Zwerchfelles endlich wurden mittels eines speziell ad hoc konstruierten Phrenographen aufgenommen.

Geachtet wurde bei diesen Untersuchungen nicht nur auf jene Rindenpartien, welche nach den Ergebnissen anderer Beobachter auf die Atmung Einfluß haben, sondern es wurden auch alle übrigen Gebiete der Gehirnoberfläche durchforscht, mit Ausnahme der für solche Untersuchungen schwerer zugänglichen Basalfläche des Gehirns.

Man erkannte im Verlaufe dieser Untersuchungen, daß im vorderen Teil des Hunde- und Katzengehirns Rindenfelder vorhanden sind, welche sowohl auf den Rhythmus, als auch auf die Stärke der Atembewegungen einwirken.

Dabei erhält man die eine oder die andere Veränderung der Atmung stets nur von einer ganz bestimmten Rindenstelle aus. Es besteht also eine genaue Abhängigkeit zwischen der gereizten Rindenfläche und bestimmten Atmungsveränderungen.



Fig. 313.
Die kortikalen Atmungscentra.
a Beschleunigung der Atmung; *b* Verlangsamung der Atmung bezw. totaler exspiratorischer Stillstand; *c* Steigerung der Atmung bei gleichzeitiger Verlangsamung des Rhythmus oder totaler inspiratorischer Stillstand der Atmung.

Nach den Ergebnissen dieser Untersuchungen sind an der Gehirnoberfläche drei getrennte Felder zu unterscheiden, welche auf die Atmung von Einfluß sind (Fig. 313).

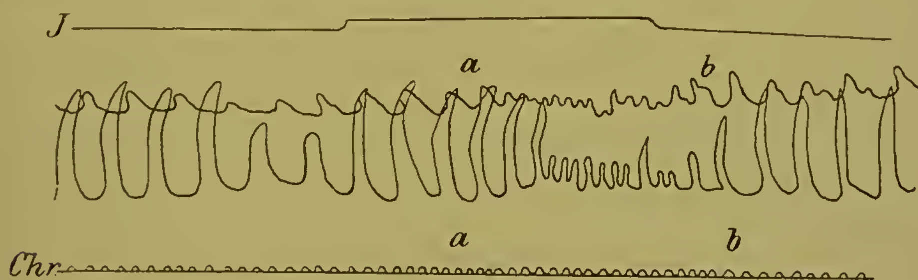


Fig. 314.
Reizung der Rinde am Punkte *a*. Obere Kurve = thorakale, untere = abdominale Atmung. — *J* Reizindikator; *Chr* Chronogramm in Sekunden.

1. Das eine Feld ergibt, wie schon meine früheren Untersuchungen dargetan hatten, eine Zunahme der Atmungsfrequenz. Es findet sich im äußeren-vorderen Abschnitt der Pars praecruciata des Gehirns (Fig. 314).

2. Das zweite Feld findet sich an der Grenze der Pars praecruciata und des Sensibilitätscentrums, in $^1/_2$ cm Abstand von der großen

Längsspalte des Gehirns. Seine Reizung bewirkt tiefe Atembewegungen unter Verlangsamung des Atemrhythmus und selbst unter Stillstand der Atembewegungen in der Inspirationsphase (Fig. 315). Beide Wirkungen hängen dabei teils von der angewandten Stromstärke, teils von dem Erregbarkeitszustande der Gehirnrinde ab.

3. Das dritte Feld liegt im vorderen Drittel der zweiten Windung vor dem Centrum für den M. orbicularis oculi, ein wenig nach oben und vorn von der Vereinigungsstelle der zweiten und dritten Windung. Seine Reizung ergibt Verlangsamung der Atmung oder sogar totalen Stillstand desselben in der Exspirationsphase (Fig. 316). Dabei kommt es nicht zu einem aktiven Eingreifen der Exspirationsmuskeln, sondern es tritt einfache Atmungshemmung ein, welche eine Zeit lang anhält.

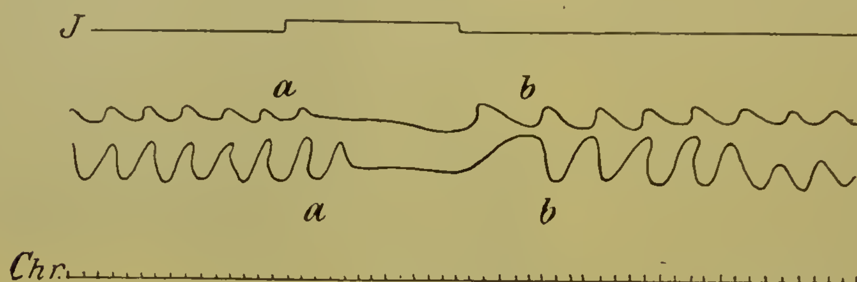


Fig. 315.
Reizung der Rinde am Punkte *b*. Bezeichnungen wie in voriger Figur.

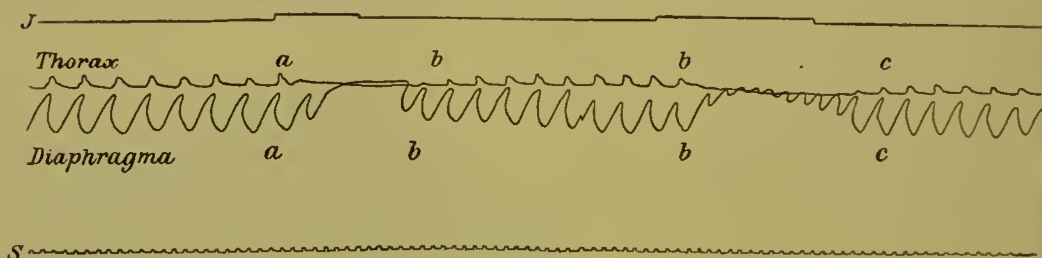


Fig. 316.
Reizung der Rinde am Punkte *c* — *J* Reizindikator; *S* Chronogramm in Sek.

Wenn die Reizung längere Zeit fortdauert, so geht — es sei denn, daß ein epileptischer Anfall sich ausbildet — der Atmungsstillstand zurück, abgelöst von einer Reihe oberflächlicher Atembewegungen mit abgeflachter Welle.

Man kann das erste Feld bezeichnen als Beschleunigungsfeld, das zweite als inspiratorisches Verlangsamungsfeld, das dritte als exspiratorisches Verlangsamungsfeld.

Die erwähnten Wirkungen auf die Atmung erhält man sämtlich nur bei schwacher Reizung der genannten Rindenpartien. Ihre stärkere Reizung führt, gleichwie die stärkere Reizung beliebiger anderer motorischer Rindencentra, zur Entwicklung eines epileptischen Anfalles.

Wir sahen vorhin, daß schon Lepine, Bochefontaine und Fr. Franck Atmungsbeschleunigung bei der Reizung der Gehirnrinde beobachteten. Es ist ihnen aber nicht gelungen, eine bestimmte Stelle auf der Gehirnoberfläche ausfindig zu machen, deren Reizung konstant

jenen Erfolg liefert. Zuerst haben HORSLEY und SEMON, sowie ich und OSTANKOV annähernd in derselben Rindenregion ein Centrum angegeben, dessen Reizung eine Beschleunigung der Atembewegungen zur Folge hat.

Was das zweite Atmungsfeld betrifft, von welchem wir sahen, daß es an der oberen Fläche des Sensibilitätscentrums an der Grenze desselben und der Pars praecruciata des Gehirns sich befindet, so handelt es sich hier offenbar um die gleiche Stelle, welche früher schon MUNK ins Auge faßte, wenn gleich er in seinem Bericht des Auftretens tiefer und seltener Atembewegungen bei der Reizung dieser Stelle nicht gedenkt.

Andererseits erzeugten HORSLEY und SEMON bei der Reizung der Umgebung des Gyrus praecruciatus eine Steigerung der Atembewegungen. Wenn die von ihnen aufgefundene Stelle topographisch dem hier in Rede stehenden Felde auch nicht vollkommen entspricht, so liegt sie doch in seiner nächsten Nähe, sodaß beide wohl ein und dasselbe Rindengebiet darstellen.

Das dritte Atmungsfeld endlich entspricht seiner Lage nach mehr dem von PREOBRAŽENSKI bei der Katze aufgefundenen Exspirationscentrum, als dem UNVERRICHT'schen Centrum.[1] Topographisch unterscheidet sich dieses Feld in wesentlicher Weise von dem durch UNVERRICHT angegebenen Rindenpunkte, welcher einer anderen Windung angehört und weiter nach vorne liegt.

Bei der Nachprüfung des von UNVERRICHT geschilderten Rindengebietes konnten im allgemeinen keine bestimmten Ergebnisse erzielt werden. Denn die Reizung dieses Gebietes bewirkte keine entsprechenden Veränderungen der Atmungsfunktion oder sie führte zum Auftreten epileptischer Anfälle.

Dagegen ließen sich die Angaben PREOBRAŽENSKI's als vollkommen zutreffend erhärten bezüglich des exspiratorischen Centrums der Katze, welches offenbar dem hier geschilderten dritten Felde des Hundes entspricht.

Zu bemerken ist jedoch, daß man von diesem Felde aus, welches auf die Atmung einen exspiratorischen Erfolg liefert, zugleich auch Phonation erzielen kann. Dies ist später noch eingehend zu behandeln.

Die sämtlichen namhaft gemachten Rindenfelder finden sich in beiden Gehirnhemisphären vertreten. Trägt man sie auf der einen Seite ab, so erhält man durch die Reizung des entsprechenden Feldes der anderen Seite ganz die nämlichen Erscheinungen, ein Zeichen, daß jedes dieser Felder die Atmuug im Sinne einer bilateralen Innervation versorgt. Die Abtragung eines oder sogar aller drei Felder auf beiden Seiten verändert im allgemeinen die automatische Tätigkeit des Atmungsapparates nicht. Selbst die Entrindung der ganzen vorderen Sensibilitätspartie übt keinen wesentlichen Einfluß auf den regelrechten Ablauf der Atmungsfunktion aus.

Auch die Atmungsreflexe vom Opticus, Acusticus und Olfactorius, von den sensiblen Nerven der Hirnhäute und vom Ischiadicus bleiben nach der Abtragung der Rindencentra unverändert.

---

[1]) UNVERRICHT, Über die Epilepsie. Sammlung klinischer Vorträge. Leipzig 1897, Nr. 196.

Durch spezielle Versuche mit Reizung der Sinnesorgane konnte festgestellt werden, daß der Reflex vom Olfactorius sowohl bei der elektrischen, als auch bei seiner spezifischen Reizung mit übelriechenden Stoffen (gebrannte Federn, Schwefelkohlenstoff u. dgl.) sich äußert in einer Hemmung der Atmung während der Exspirationsphase, welche während der gesamten Reizungsdauer anhält; nach dem Aussetzen der Reizung kommt es zu einer tiefen Inspiration, gewissermaßen als Kompensation des zeitweilig gestörten Lungengaswechsels während der exspiratorischen Hemmung. Dabei erhält man vom Thorax und vom Zwerchfelle aus untereinander vollkommen analoge Atmungskurven. Bei der Reizung des Acusticus ergab sich dagegen ein Stillstand des Zwerchfells in der Inspirationsphase. Die Kurve des Brustkorbes zeigte dabei eine Abflachung der Atmungswelle bei ruhenden Brustmuskeln.

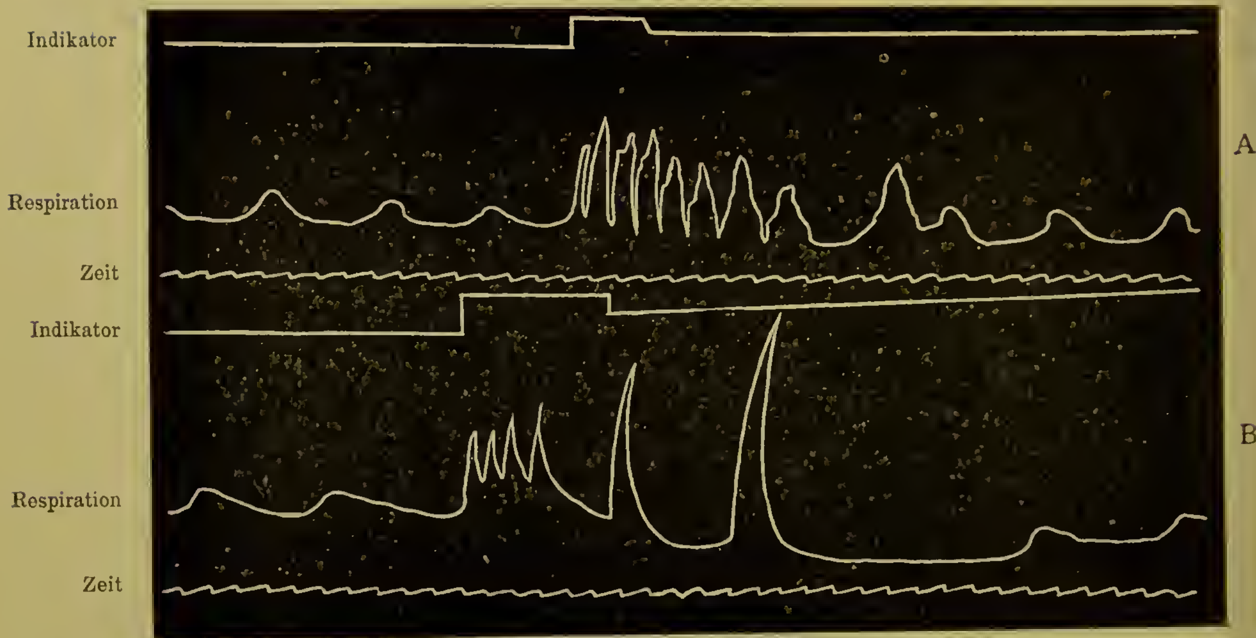


Fig. 317.

Atmungskurven. Oben Reizung des N. ischiadicus beim normalen Hunde, unten Reizung des N. ischiadicus bei demselben Hunde nach einem Schnitt durch die vordere Vierhügelgegend.

Ebenso erzeugte auch die Reizung des Sehnerven Atmungshemmung bei ruhiger Respirationsmuskulatur oder es erfolgten tiefe Atembewegungen bei Verlangsamung des Atmungsrhythmus.

Alle diese Reflexe blieben bei der Abtragung der vorhin geschilderten Reflexfelder vollkommen erhalten. Daraus folgt, daß die Übertragung dieser Reflexe nicht zu den Aufgaben der genannten Rindencentra gehört.

Ebenso unverändert blieben auch die Atmungsreflexe seitens der sensiblen Gebiete der Dura mater und seitens anderer Nerven (Ischiadicus) nach vollzogener Abtragung der kortikalen Atmungsfelder.

Nichtsdestoweniger übt die Reizung der Rindencentra, wenn die Tätigkeit des Atmungsapparates durch irgendwelche Momente (Reizung sensibler Nerven, psychische Erregung des Versuchstieres) alteriert ist,

eine hochgradige Wirkung auf die Respiration im Sinne entsprechender Veränderungen der Atmungskurve (Fig. 317, 318).

Wenn das Versuchstier z. B. unter dem Einflusse von Ischiadicusreizung erregt war und beschleunigte Atmung einsetzte, so genügt die bloße Berührung der Elektroden mit den exspiratorisch oder inspiratorisch atmungsverlangsamenden Rindenfeldern, damit sofort die Atmungsbeschleunigung abgelöst wird entweder von Atmungsverlangsamung mit Abnahme der Amplitude der Atembewegungen bis zu totalem Atmungsstillstand oder von einer Steigerung der Atmung in Gestalt seltener und tiefer Atembewegungen. Nach der Abnahme der Elektroden findet die Atmung wieder schnell eine Ausgleichung.

Falls das erregte Tier zugleich ein Gewinsel von sich gab, beruhigte es sich und wurde sofort still in dem Augenblick der Applikation der Elektroden.

Die Bedeutung des zweiten und dritten Rindenfeldes ergibt sich in prägnanter Weise aus den Vorgängen bei der gleichzeitigen Reizung des N. ischiadicus und der Gehirnrinde.

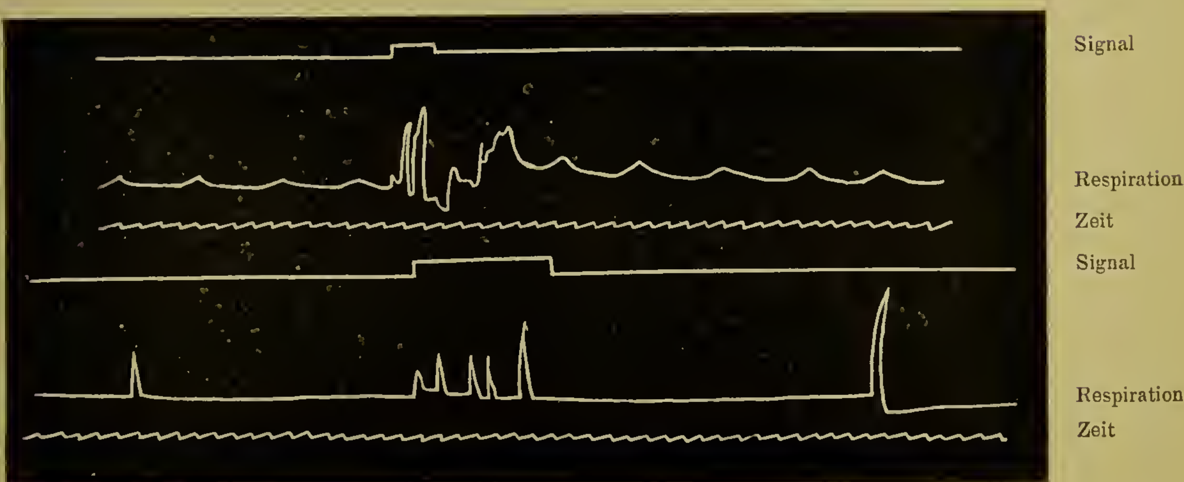


Fig. 318.

Atmungskurven. Oben: Reizung am gesunden Hunde, unten: nach einem Schnitt durch die hintere Vierhügelgegend.

Denn, wie sich dabei herausstellt, wird die Atmungsbeschleunigung, welche infolge der Reizung der sensiblen Nervenfasern eingetreten war, sofort abgelöst von einer Verlangsamung der Atmung kortikalen Ursprunges, welche bis zu voller Hemmung der Inspiration oder der Exspiration gehen kann, je nachdem, welches von den Rindenfeldern der Reizung unterlag.

Bei meinen Versuchen an Affen gelang es mir bisher, zwei kortikale Atmungscentra ausfindig zu machen (Fig. 319 *a*, *b*).

1. Das eine Centrum findet sich ein wenig nach vorne von dem oberen Ende des Sulcus praecentralis bezw. der aufsteigenden Stirnfurche, also in der Nähe der Grenze zwischen dem Stirnlappen und den Centralwindungen. Die Reizung dieses Centrums bewirkt sofortige Atmungshemmung in der Inspiration.

2. Das zweite Centrum liegt im Bereiche des Stirnlappens ein

wenig nach außen und vorne von dem vorigen. Bei seiner Reizung wurde die Atmung oberflächlicher und frequenter.

Diese beiden Centra des Affengehirns entsprechen offenbar vollkommen dem Inspirationscentrum und dem Atmungsbeschleunigungscentrum des Hundegehirns.

Der Versuch an den Affen ergibt somit, daß die kortikalen Atmungscentra sich bei diesen Tieren in einer sehr ähnlichen Weise verhalten, wie beim Hunde.

Schließlich sei hier bemerkt, daß die Erregbarkeit des Atmungscentrums in der Rinde neugeborener Welpen wie es scheint später auftritt, als die Erregbarkeit der übrigen Bewegungscentra, aber viel früher, als die Erregbarkeit der Centra für das Herz und für das Gefäßsystem. Denn nach den hierbezüglichen Untersuchungen meines Laboratoriums erhält man vom äußeren Teil des vorderen Abschnittes des Gyrus sigmoideus aus eine Wirkung auf die Atmung im Sinne einer Beschleunigung derselben schon zwei Wochen nach der Geburt.[1])



Fig. 319.
Gehirnoberfläche von Macacus. Die Reizungsstellen sind mit Buchstaben, die im Text erklärt werden, bezeichnet.

3. *Pathologische Beobachtungen.* — Die Zustände bei den Affen sind insofern von größerer Bedeutung, als die Topographie der motorischen Rindencentra dieser Tiere, wie wir jetzt wissen, der topographischen Anordnung der kortikalen Bewegungscentra des Menschen recht nahe kommt. Es muß also auch bezüglich der kortikalen Atmungscentra eine gewisse Analogie zwischen den Affen und dem Menschen vorausgesetzt werden.

Daß dies sich in der Tat so verhält, erkannte ich in einem Falle experimentell bei Gelegenheit einer zu therapeutischen Zwecken ausgeführten Gehirnoperation an einem Kranken. Es handelte sich dabei um die Trepanation in der Gegend der Centralwindungen und des hinteren Abschnittes der zweiten Stirnwindung.

Die faradische Reizung des Fußes der zweiten Stirnwindung in der Nähe der vorderen Stirnwindung bewirkte jedesmal eine tiefe Inspiration bis zu vollem Atmungsstillstand, ein Erfolg, welchen man beliebig oft durch wiederholte Applikation der Elektroden hervorrufen konnte.

Es gelang hier somit, bei dem Menschen die Lokalisation des Inspirationscentrums zu bestimmen und zwar in derselben Rindengegend, welcher auch das entsprechende Centrum der Affen angehört.

---

1) E. Gartier, Über den Einfluß der Rinde der Centralwindungen des Gehirns auf das Herz und auf das Gefäßsystem neugeborener Hunde. Obosrên. psihiatr. 1903.

Bei der nun vorgenommenen Abtragung eines Stückes der Gehirnrinde in der Nachbarschaft der vorhin bezeichneten Stelle beobachtete ich während der nächsten Tage eine ziemlich erhebliche Frequenzzunahme der Atmung bei vollkommen normaler Temperatur, ein Zustand, welcher offenbar mit einer Reizung des den Respirationsrhythmus beschleunigenden Rindencentrums oder seiner Leitungen zusammenhing.

Ferner berichten Langelaan und Beyermann über folgende Beobachtungen: Bei einer 16jährigen Epileptischen, welche von Kindheit an einen Defekt in der linken Parietalregion hatte, trepanierte man die Gegend des Fußes der mittleren Stirnwindung in der Nähe der vorderen Centralwindung. Nach geschehener Exstirpation eines dort befindlichen Tumors kam es zu Prolapsus cerebri, welcher ebenfalls abgetragen wurde. — Im Anschlusse an diese Eingriffe bemerkte man außer vorübergehenden Sprachstörungen ungleichmäßige Atmung und Seufzen; bei Druck auf das trepanierte Gebiet konnte Atmungs- und Pulsbeschleunigung konstatiert werden.[1])

Wir finden also beim Menschen die gleichen Rindencentra für die Atmung und annähernd an den gleichen Stellen der Gehirnoberfläche, wie bei den Affen.

4. *Die funktionelle Bedeutung der kortikalen Atmungscentra.* — Es fragt sich nun nach allem dem, welche Rolle den kortikalen Atmungscentren im physiologischen Verlauf der Organismustätigkeit beizumessen ist?

Ihnen eine reflektorisch-regulatorische Bedeutung gegenüber den tieferliegenden Atmungscentren zuzuschreiben, dazu scheint mir gewiß kein Grund vorzuliegen. Denn die Abtragung der kortikalen Atmungscentra und selbst die Entrindung eines großen Teiles der Hemisphären übt, wie schon erwähnt, einen wesentlichen Einfluß auf die Atmung nicht aus. In den Versuchen meines Laboratoriums (Dr. Žukovski) beobachtete man im Anschlusse an Rindenläsionen hin und wieder eine Beschleunigung der Atmung mit Abflachung der Respirationswelle, aber diese Erscheinung hat keine große Beständigkeit und läßt sich ohne weiteres durch Einfluß von Wundreizung auf die subkortikalen Atmungscentra erklären, um so mehr, als es sich um ein vorübergehendes Symptom handelt, welches nur in der ersten Zeit nach dem Eingriffe auftritt.

Das Ergebnis dieser Versuche hat neuerdings in meinem Laboratorium (Dr. Protopopov) Bestätigung gefunden. Nicht nur nach Abtragung der kortikalen Atmungscentra, sondern sogar nach totaler Durchschneidung des Gehirnstammes in der Höhe des vorderen Vierhügels bewirkt die Reizung des Nervus ischiadicus, wie sich dabei herausstellte, gesteigerte und beschleunigte Atmung mit verstärkter Inspiration im Beginne (Fig. 317). Erst nach Durchschneidung in Höhe der Vierhügel bedarf es stärkerer Ströme, um durch Ischiadicusreizung einen entsprechenden respiratorischen Effekt zu erzielen. Die respiratorische Wirkung ist außerdem bei Durchschneidung der Vierhügelgegend weniger anhaltend, als nach Abtragung der Atmungscentra der Gehirnrinde. Beides jedoch könnte auch abhängen von Hemmung der tiefergelegenen Centra infolge des schweren Eingriffes der Hirnstammdurchschneidung. Selbst nach Durchschneidung hinter dem unteren Vierhügel (Fig. 318) bewirkte die

---

[1]) Langelaan and Beyermamn, Brain 1903, CI.

Ischiadicusreizung neben hochgradiger Verlangsamung der Atmung und Veränderung des Respirationstypus eine initiale Inspiration und hochgradige Beschleunigung, wenn auch keine Steigerung der Atmung.

Es geht also aus den experimentellen Befunden unzweifelhaft hervor, daß die bei Reizung des Ischiadicus auftretenden reflektorischen Atmungsveränderungen durch Abtragung der Rindencentra nicht wesentlich verändert werden.

Man muß daher annehmen, daß die kortikalen Atmungscentra eine andere Bedeutung haben. Ihre Funktion steht offenbar in direkten Beziehungen zu den psychischen Wirkungen auf die Atmung.

Unter allen Umständen handelt es sich hier um Einflüsse auf die subkortikalen Atmungscentra, welche unter normalen Verhältnissen in bestimmten psychischen Impulsen willkürlicher oder unwillkürlicher Art sich äußern (Fig. 320). Man erkennt dies auch daraus, daß nach der Abtragung der kortikalen Atmungscentra Veränderungen der Atmung nicht mehr eintreten, wenn man eine Katze in die Nähe des operierten Versuchshundes bringt, was unter normalen Verhältnissen stets hochgradige Atmungsveränderungen bewirkt.

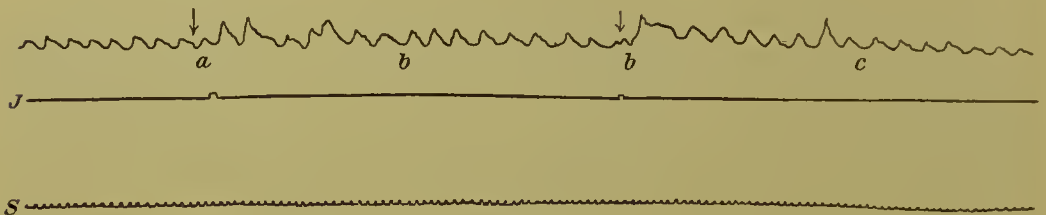


Fig. 320.
Atmungskurve des Hundes beim Herannahen der Katze. — *J* Reizindikator; *S* Chronogramm in Sekunden.

Hier handelt es sich also um Ausfall eines natürlichen Assoziationsreflexes nach Abtragung der kortikalen Atmungscentra. Aus anderen Befunden meines Laboratoriums (Dr. Protopopov) geht hervor, daß auch künstliche assoziative Atmungsreflexe nach totaler Abtragung der kortikalen Atmungscentra verloren gehen.

Somit würden die in Rede stehenden Reflexcentra gewissermaßen die Aufgabe haben, gewisse willkürliche und unwillkürliche Impulse, wie z. B. bei den Affektzuständen, der Atmung übermitteln zu helfen.

Bis zu einem gewissen Grade beteiligt sind diese Centra auch bei Entstehung jener Atmungsveränderungen, welche man im epileptischen Anfalle beobachtet. Dies ergibt sich unter anderem auch daraus, daß die Krämpfe des epileptischen Anfalles in einzelnen, wenn auch relativ seltenen Fällen nach meinen Beobachtungen im Bereiche der Atmungsmuskulatur zuerst einsetzen.

b) Die Rindencentra der Phonation.

1. *Literarische Angaben.* — Im Anschlusse an die bekannten Untersuchungen von Fritsch und Hitzig über die motorischen Reflexcentra hat Ferrier zuerst den Nachweis geliefert, daß man durch die elektrische Reizung der Gehirnrinde am Orte des Zusammen-

fließens der vorderen Enden der dritten und vierten Primärwindung (diese von innen her gezählt) beim Hunde (Fig. 321) Öffnen des Mundes, Hervorstrecken und Zurückziehen der Zunge, manchmal auch lautes Geschrei und selbst Bellen oder Knurren erzielt (Fig. 322). Besonders auffallend war diese Wirkung in einem der Versuche, wo jedesmal, wenn die Elektroden die bezeichnete Rindenstelle berührten, das Versuchstier vollkommen deutlich zu bellen anfing. Die Reizung anderer Rindenstellen rief bei den Versuchstieren nichts ähnliches hervor.



Fig. 321.
Hundegehirn nach Ferrier. — *9* = Mundcentrum von Ferrier.

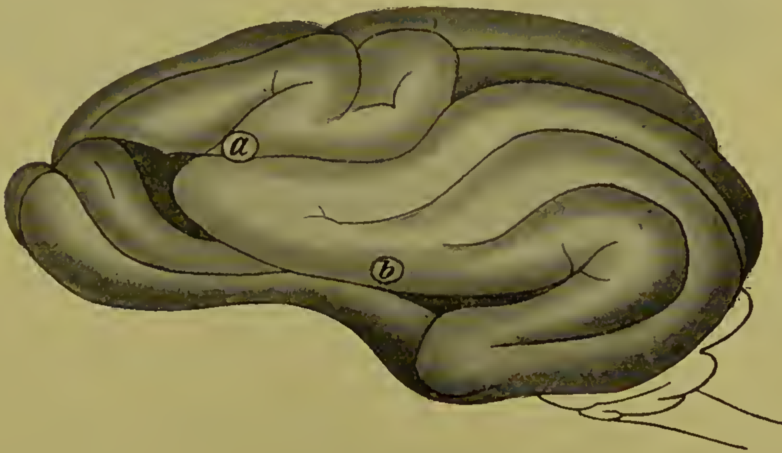


Fig. 332.
Hundegehirn. — *a* anatomische Lage des kortikalen Stimmcentrums; *b* Mundcentrum von Ferrier.

Von der gleichen Rindenstelle aus erzielte Ferrier bei der Katze Miautöne. Das Stimmcentrum der Affen (Fig. 323) fand er im unteren Ende der aufsteigenden oder vorderen Centralwindung in der Nähe des Fußes der dritten Stirnwindung.

---

[1]) Ferrier, West. Riding. Asyl. Rep. Vol. III. 1873. Functions of the Brain. London, 1876.

Duret gelangte im Hinblick auf anatomische Angaben zu der Voraussetzung, daß das Gebiet unterhalb des Gyrus sigmoideus des Hundes der Broca'schen Windung des Menschen homolog sein müßte. Dies ist das gleiche Gebiet, welches nach den Angaben von Ferrier als Centrum der Zungenbewegungen funktioniert. Nach der Abtragung dieses Reflexfeldes geht nach Duret's Beobachtungen den Versuchstieren die Fähigkeit zu bellen auf einige Wochen verloren.[1])

Späterhin berichtete Duret über einen bemerkenswerten Versuch, welcher den Einfluß der Gehirnrinde auf die Stimmbildung betraf. Er entfernte einem chloroformierten Hunde etwa $^3/_4$ des Schädelgewölbes und ersetzte den entstandenen Defekt durch eine Korkplatte. Wenn man nun auf den unteren hinteren Teil dieser Korkplatte einen Druck ausübte, dann bellte der Hund 30—40 Mal nacheinander. Drückte man auf andere Punkte der Korkplatte, so trat kein Bellen auf, sondern es wurden die kontralateralen Extremitäten ausgestreckt.[2])

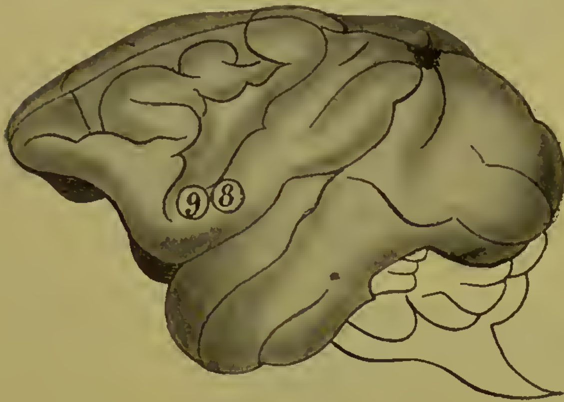


Fig. 323.
Affengehirn nach Ferrier. — *9* u. *10* kortikale Stimmcentra.



Fig. 324.
Hundegehirn nach Munk. Erklärung im Text.

Eine analoge Beobachtung schildert Solltmann. Er erhielt einen neugeboren Hund am Leben, welchem die Gyri prae- und postfrontales exstirpiert worden waren. Zwei Monate nach diesem Eingriff wies der Hund überhaupt keinerlei Bewegungsstörungen auf, er war aber klein, stumpf und bellte nicht, wie alle anderen Hunde, sondern gab nur schwache, an das Gepiepse neugeborener Tiere erinnernde Töne von sich.[3])

Ferner äußerte Munk auf Grund einiger experimenteller Beobachtungen die Vermutung, daß jener Teil des Stirnlappens, bei dessen Reizung sich die vorderen Halsmuskeln zusammenziehen (Fig. 324), auch als Kehlkopfcentra Dienste tut.[4])

[1]) H. Duret, Sur la circulation cérébrale comparée chez les animaux. Mémoire de la Société de biologie, 1877.

[2]) H. Duret, Études expérim. et cliniques sur les traumatismes cérébraux Paris, 1878, S. 250.

[3]) Solltmann, Exper. Studien über die Funktionen des Großhirns der Neugeborenen. Jahrb. f. Kinderheilk., Bd. 9. 1876, S. 117.

[4]) H. Munk, Über die Stirnlappen des Großhirns. Sitzb. d. Königl. preuss. Akademie der Wissenschaften zu Berlin, 1882, Bd. 2.

Eingehender hat sich sodann KRAUSE mit dieser Frage in MUNK's Laboratorium beschäftigt.[1])

An narkotischen Hunden operierend bediente er sich anfangs der künstlichen Beleuchtung des Kehlkopfes mittels des Kehlkopfspiegels. In anderen Fällen machte er behufs direkter Beobachtungen des Kehlkopfes die Pharyngotomia subhyoidea, jedoch unter Erhaltung der Recurrentes. Späterhin vereinfachte KRAUSE das Verfahren der Kehlkopfuntersuchung; er benutzte eine feine Sonde mit spitz zulaufendem gekrümmtem Ende, mit welchem er die den Aditus ad laryngem zudeckende Epiglottis faßte und nach vorne zog. Wurde gleichzeitig die Zunge des Versuchstieres hervorgezogen, dann ist die ganze Kehlkopfhöhle schon bei Tageslicht gut zu übersehen.

Wenn man die Gehirnrinde des Hundes im Bereiche des lateralen Abschnittes des Gyrus praefrontalis Owen reizte, so erzielt man, wie KRAUSE's Versuche bezeugen, dabei schon mit schwachen Strömen deutliche Schluckbewegungen; ferner beobachtete man Centren der vorderen Halsmuskeln unter Aufwärtsrücken des Kehlkopfes, Erheben des Gaumensegels, Centren des Constrictor pharyngs superior, der Arcus glosso-staphylini, des hinteren Teiles des Zungenrückens und gleichzeitig einen mehr oder weniger vollständigen Schluß der Stimmspalte.

KRAUSE erschließt aus einer ganzen Reihe solcher Versuche, daß an der angegebenen Stelle der Gehirnrinde Centra vorhanden sein müssen, welche nicht nur die Bewegungen der vorderen Halsmuskeln dirigieren, sondern auch die Bewegungen des Rachens und des Kehlkopfes versorgen.

Bemerkenswerte Ergebnisse lieferte auch die Zerstörung dieser Rindencentra. In seinen Fällen lädierte KRAUSE das betreffende Centrum anfangs auf der linken Seite, dann nach Verlauf einiger Wochen auch auf der rechten Seite.

Nach der Abtragung des Centrums der linken Hemisphäre allein beobachtete er für gewöhnlich keine nennenswerten Störungen an der Stimme der operierten Tiere. Nur in einzelnen Fällen kam es zu einer vorübergehenden Stimmschwäche.

Dagegen beobachtete man nach beiderseitiger Abtragung des in Rede stehenden Centrums hochgradige Veränderungen der Stimme. Anstatt zu bellen, gaben die operierten Hunde nur ein schwaches Gepiepse oder Gewinsel von sich. Andere solche Hunde sperrten den Rachen zum Bellen auf, aber ein eigentliches Gebell kam dabei nicht zu Stande. In zwei Fällen konnten die operierten Hunde noch bellen, aber nicht im Brustton, sondern mit einer eigentümlichen Fistel- oder Falsettstimme.

Nur in zwei Fällen war die Stimme der operierten Hunde wesentlich unverändert geblieben. Die Sektion ergab aber dabei, daß das Centrum, um welches es sich hier handelt, bei der Operation zufällig unversehrt geblieben war; in allen anderen Fällen war, wie sich herausstellte, das Centrum, dessen Reizung einen mehr oder weniger vollständigen Verschluß der Stimmspalte erzeugt, immer zerstört worden.

KRAUSE kommt auf Grund dieses Ergebnisses zu dem Satz, daß die in der angegebenen Weise erfolgreich operierten Hunde die motori-

---

[1]) H. KRAUSE, Über die Beziehungen der Großhirnrinde zu Kehlkopf und Rachen. Arch. f. Anatomie u. Phys. 1884, Phys. Abt., S 203. Siehe auch Sitzb. d. Königl. preuss. Akademie der Wissenschaften zu Berlin, 1883, Bd. 2, S. 1121.

schen Vorstellungen, welche den Bewegungen der Stimmbänder zu Grunde liegen, verlieren. Nur ein Teil der operierten Tiere konnte noch reflektorisch schwache Töne von sich geben, wie sie gewöhnlich bei neugeborenen Tieren zu bemerken sind.

Von meinen eigenen, gleichzeitig mit KRAUSE's ausgeführten Untersuchungen [1]) über diesen Gegenstand wird später die Rede sein.

Ich erwähne hier nur das Endergebnis meiner hierbezüglichen Untersuchungen, dahingehend, daß die Innervation des Stimmorganes von den Gehirnhemisphären ausgeht und daß somit in der Gehirnrinde besondere Stimmencentra vorhanden sein müssen, ein Satz, welcher sich mit den Ergebnissen KRAUSE's vollkommen deckt.

In der Folge trat nun aber eine Art rückwärtige Entwicklung der Erkenntnisse von den Rindencentren der Stimmbildung ein.

FR. FRANCK nämlich glaubte durch seine Untersuchungen einen vollen Parallelismus zwischen Atembewegungen und Bewegungen der Stimmbänder nachgewiesen zu haben. Bei der Inspiration, welche bei der Reizung der Gehirnrinde in einer Zunahme der Amplitude der Atembewegungen ihren Ausdruck fand, beobachtete er eine Erweiterung der Stimmritze und umgekehrt bei der Abnahme der Amplitude der Atembewegungen bezw. bei der Exspiration ein Zusammenrücken der Stimmbänder. Er führte dieses Verhältnis zwischen den Atembewegungen und den Stimmbandbewegungen darauf zurück, daß es sich hier um einen assoziierten Mechanismus handele, an welchem es das eine Mal zu einer Öffnung der Stimmspalte und zur Inspiration, ein anderes Mal zur Verengerung der Stimmspalte und zu einer Exspiration komme.

Die Möglichkeit einer Dissoziation beider Mechanismen unter dem Einflusse des Willens stellt FR. FRANCK nicht direkt in Abrede, aber er kommt auf Grund seiner Beobachtungen zu dem Schluß, daß an der Gehirnoberfläche eigene Centra für die Bewegungen der Stimmbänder und eigene Centra für die Bewegungen des Zwerchfelles nicht vorkommen, ebensowenig wie es besondere Stellen für die Inspiration und für die Exspiration auf der Rindenoberfläche geben soll Nach seiner Meinung kann man von jedem beliebigen Punkt der motorischen Zone der Gehirnrinde bei einer bestimmten Intensität und Dauer des angewandten Reizes die oben erwähnten Veränderungen der Atembewegungen hervorrufen.[2])

Nicht einzusehen ist jedoch dabei, warum in dem einen Fall Exspiration und Schluß der Stimmspalte, im anderen Fall Inspiration und Oeffnung der Stimmspalte eintreten sollte. FRANCK's Hinweis darauf, daß besondere Rindenpunkte für die Inspiration und für die Exspiration nicht vorhanden sein sollen, wird von den späteren Befunden in Wirklichkeit nicht als zutreffend befunden; denn jetzt sind alle diese Punkte als vorhanden nachgewiesen. Was endlich FRANCK's Auffassung betrifft, wonach jeder beliebige Punkt der Gehirnoberfläche auf die Muskulatur des Zwerchfelles und auf die Stimmspalte Einfluß üben soll, so steht sie in direktem Gegensatze zu der ganzen Lehre von der Lokalisation der Rindenfunktionen.

---

[1]) W. BECHTEREW, Experimentelle Untersuchungen über die Ausdrucksbewegungen. Vrač 1883.

[2]) FRANÇOIS-FRANCK, Leçons sur les fonctions motrices du cerveau. Paris 1887.

In der Tat hat schon alsbald nach dem Erscheinen der Franck-schen Mitteilungen Masini nach Versuchen an Hunden in Übereinstimmung mit Krause feststellen können, daß in der Hirnrinde ein besonderes Centrum für die Centren der Stimmbänder vorliegt, und zwar unabhängig von dem Atmungscentrum. Er bewies auch die gekreuzte Wirkung der Gehirnrinde auf die beiderseitigen Stimmbänder.[1])

Franck bleibt auch in der Folgezeit[1]) bei seiner früheren Meinung, nämlich, daß in der Gehirnrinde ein besonderes Centrum für die Stimmbänder ebensowenig vorkommt, wie ein besonderes Centrum für die Respirationsmuskulatur.

Nach seiner Ansicht gibt es in der Rinde nur Centra für die willkürlichen, nicht aber für die organischen Bewegungen, zu welch letzteren er auch die Atembewegungen, sowie die Stimmbänderbewegungen rechnet.

Er berührt dabei aber nicht die allgemein bekannte Tatsache, daß sowohl die Atembewegungen, wie auch die Bewegungen der Stimmbänder dem Einflusse unseres Willens unterworfen sind. Schon aus diesem Grunde kann man, selbst von Franck's Standpunkt aus, das Bestehen eines besonderen Reflexcentrums für die Stimmbänder- und Atembewegungen nicht in Abrede stellen.

Auch Franck's Grundgedanke, daß in der Gehirnrinde Centra für die organischen Funktionen nicht vorkommen, ist ganz unrichtig. Es unterliegt gegenwärtig keinem Zweifel, daß wir in der Hirnrinde Centra, wenn nicht für alle, so doch für die ungeheure Mehrzahl der organischen Funktionen finden, wie sich dies aus der späteren hierauf bezüglichen Darstellung ohne weiteres ergeben wird.

Krause unterwirft bei Gelegenheit einer Nachprüfung der Experimente von Fr. Franck, Ferrier, Duret u. A. auch des Erstgenannten Aufstellungen einer sachlichen Kritik.[2]) Wie er annimmt, ist Franck dadurch zu irrtümlichen Vorstellungen gekommen, daß er sich bei seinen Versuchen allzu starker Ströme bediente, sodaß er das Centrum für die Stimmbänderbewegungen nicht für sich darstellen konnte. Die Reizung verbreitete sich unter diesen Verhältnissen über entlegene Strecken der Gehirnoberfläche; bei der Einwirkung mäßiger Ströme gelingt es dagegen stets, das Centrum für die Stimmbänderbewegungen zu erkennen.

Ferner versucht Krause über die Verschiedenheit der Ergebnisse ins Klare zu kommen, welche einerseits er selbst, andererseits Ferrier, Duret u. A. über die Lage des Kehlkopf- oder Stimmbandcentrums erhielten. Er stellte zu diesem Zwecke zehn neue Versuche an und fand in zwei derselben Phonation im Gefolge der Rindenreizung. Bei einem Hunde erhielt er bei der Reizung des Ferrier'schen Centrums zeitweilig konstant Stimmäußerungen; in einem anderen Falle beobachtete er Phonation jedesmal im Beginne der Reizung der vorhin beschriebenen Stelle an der Oberfläche des Gyrus praecruciatus. In diesem Fall konnte er, während das Tier stoßweise sein Geschrei von sich gab, die Stimmritze abwechselnd sich schließen und öffnen sehen. Die Unbeständigkeit der Phonation in seinen Versuchen führt Krause darauf

---

[1]) François-Franck, Influence des excitations du cerveau sur les principales fonctions organiques. Comptes rendus de la société de Biologie, 1888. V, S. 30ff.

[2]) H. Krause, Zur Frage der Localisation des Kehlkopfs an der Großhirnrinde. Berlin. Klin. Wochenschr. 1890, Nr. 25, S. 556—559.

zurück, daß es zur Phonation ebenso wie zum Sprechen einer genauen Koordination der Zwerchfell- und Kleinhirnbewegungen bedarf und daß diese Koordination nur selten von dem kortikalen Centrum allein ausgeht.

KRAUSE's Endergebnis ist nun folgendes:

Wir haben an der Hirnoberfläche ein vollständig getrenntes Rindenfeld für den Kehlkopf und ganz analoge Rindenfelder für die Zunge, für die Lippen, für die Kiefer. Zu einer Phonation kommt es konstant weder bei der Reizung des Kehlkopffeldes, noch bei der Reizung des Zungen- und Mundfeldes. Unter allen Umständen tritt Phonation im Experiment äußerst selten auf.

Weiterhin eruierte KRAUSE, daß ein direkter Zusammenhang des Kehlkopffeldes mit dem Zungen- und Mundfelde nicht vorhanden ist, daß aber schon eine geringe Stromsteigerung hinreicht, damit der Kehlkopf an den durch Reizung der entsprechenden Centra hervorgerufenen Zungen- und Lippenbewegungen teilnimmt. Dagegen wird die Reizung des Kehlkopfcentrums mit Strömen von gleicher Stärke nicht von einem Hinzutritt der Zungen- und Lippenbewegungen begleitet. Eine umfassende Bearbeitung der uns hier beschäftigenden Fragen liegt von SEMON und HORSLEY vor, deren Experimente, wie schon früher erwähnt, sich auf Affen, Katzen und Hunde beziehen.[2])

Ihr Ergebnis ist folgendes:

Das Kehlkopfcentrum innerviert die Stimmbänder bilateral. Bei den Affen findet sich dieses Centrum hinter dem unteren Fuße der dritten Stirnwindung, bei den Carnivoren im Bereiche des Gyrus praecruciatus und der ihr angrenzenden Windung. Der wirksamste Punkt dieses Rindenfeldes entspricht dem vorderen Anteil des unteren Endes der aufsteigenden Stirnwindung. Die Reizung dieses Punktes bewirkt ein so anhaltendes Zusammenrücken der Stimmbänder, als die Reiz selbst dauert, nur zum Passieren der Luft öffnet sich die Stimmspalte vorübergehend. Die Reizung der mehr peripheriewärts gelegenen Bezirke dieses Rindenfeldes erzeugt eine immer weniger lebhafte Kontraktion der Stimmbänder, bis schließlich bei der Reizung des peripheren Randes des Kehlkopffeldes eine totale Erschlaffung der Stimmbänder eintritt.

Die Abtragung des Kehlkopffeldes an einer Hemisphäre bewirkt keine Erscheinungen von Paralyse der Stimmbänder; dabei hat die Reizung des unversehrten Kehlkopffeldes der anderen Hemisphäre nach wie vor eine zweiseitige Kontraktion der Stimmbänder zur Folge.

In keinem einzigen Falle und nicht einmal bei der Applikation schwacher Ströme konnte bemerkt werden, daß die Reizung des Kehlkopffeldes der einen Seite nur Kontraktionen des kontralateralen Stimmbandes allein hervorrief, wie dies MASINI behauptete. Ein gleicher Erfolg ergab sich auch in dem Falle, wenn man die eine Gehirnhemisphäre abtrug.

In der Nachbarschaft des Centrums, welches zu einem Zusammenrücken der Stimmbänder führt, findet sich, wie die Versuche gezeigt

---

[1]) MASINI, Archivi Italiani di laringologia 1888.

[2]) F. SEMON and V. HORSLEY, An experim. investigation on the central Motorinnervation of the larynx. Proceedings of the Royal society of London. Vol. 48, 1890. S. auch Deutsche Medizin. Wochenschr. 1890, Nr. 31.

haben, noch ein zweites Centrum, welches aber ein Auseinanderrücken der Stimmbänder bewirkt.

Mit vielen anderen sind auch Semon und Horsley der Ansicht, daß die Atembewegungen und die Stimmbänderbewegungen vollkommen unabhängig von einander vor sich gehen.

Sie unterscheiden überhaupt genau zwischen den respiratorischen und phonatorischen Funktionen des Kehlkopfes. Jene ist vorwiegend anatomischer Natur, wenn sie auch dem Willen nicht entzogen bleibt; diese ist überwiegend willkürlich, die reflektorische Phonation nur in Ausnahmefällen, wie beim Husten und Weinen vorkommt. Aber beide Funktionen sind nur in einem gewissen Sinne einander entgegengesetzt, denn es unterliegt keinem Zweifel, daß eine Phonation ohne Respiration undenkbar ist.

Auch Fredericq und Nuel nehmen eine doppelte centrale Innervation des Kehlkopfes an: die eine für die Atmung, die andere für die Stimmbildung. Jene ist dem Atmungscentrum im Verlängerten Mark unterworfen, welches den Tonus der Stimmspalte teils reflektorisch, teils automatisch unterhält. Die Innervation der Stimmbildung dagegen gehorcht vor allem den willkürlichen Impulsen und rührt von einem Rindencentrum her, welches an dem Fuße der aufsteigenden Stirnwindung seine Lage hat. Im Hinblick auf pathologische Verhältnisse ist zu schließen, daß dieses Kehlkopfcentrum, soweit es sich um Phonation handelt, im alleruntersten Teil der aufsteigenden Stirnwindung dort liegt, wo Semon und Horsley dieses Centrum bei den Affen lokalisiert haben.

Aus seinen Versuchen an Hunden suchte dann Masini zu erschließen, daß für die Stimmbänderbewegungen zwei Centra in der Rinde vorhanden sind. Beide stehen im Zusammenhange mit den anderen Centren, welche auf den Zustand der Stimmspalte Einfluß haben (Atmungscentrum, Schluckcentrum). Auch will Masini gefunden haben, daß die unilaterale Zerstörung eines dieser Centra eine unvollständige Paralyse beider Stimmbänder nach sich zieht. Ebenso bewirkt die bilaterale Abtragung der kortikalen Kehlkopfcentra eine partielle Lähmung der Stimmbänder.[1]) Diese Angaben Masinis widersprechen übrigens den Beobachtungen anderer Autoren, namentlich denen von Krause, sowie von Horsley und Semon.

Onodi bestätigt auf Grund seiner an Hunden angestellten Experimente die Richtigkeit der Angaben Krauses bezüglich des kortikalen Stimmcentrums, er konnte sich aber nicht davon überzeugen, daß die Reizung eines kortikalen Stimmcentrums einen vorwiegenden Einfluß auf die Stimmbandbewegungen der anderen Seite ausübt, wie dies Masini behauptete.[2])

Klemperer experimentierte an Hunden teils unter Reizung, teils unter Abtragung des kortikalen Kehlkopfcentrums, teils endlich mit Erzeugung akuter Abszesse im Bereiche der kortikalen Kehlkopfcentra.

Klemperers Ergebnisse stimmen in allen wesentlichen Punkten mit den Angaben von Krause überein.

---

[1]) Masini, Bolletino delle malattie dell orchio. 1893. Vf. A. Onodi, Die Phonation im Gehirn. Berlin. Klin. Wochenschr. 1894, Nr. 48.

[2]) A. Onodi, Die Phonation im Gehirn. Berlin. klin. Wochenschr. 1894, Nr. 40.

Die Reizung der von KRAUSE angegebenen Stelle der Gehirnrinde bewirkte in KLEMPERER's Versuchen ein Zusammenrücken der Stimmbänder, und selbst bei schwacher Reizung beobachtete man in allen Fällen eine bilaterale Wirkung.

Er bestätigt ferner für die Katze SEMON's und HORSLEY's Angabe, wonach in der Nähe des Rindencentrums für die Annäherung der Stimmbänder ein Centrum für das Auseinanderrücken der Stimmbänder vorhanden ist.

Die Abtragung dieser Kehlkopfcentra blieb in KLEMPERER's Versuchen ohne Einfluß auf die Bewegungen der Stimmbänder und auf die Phonation. Auch pathologische Herde im Bereiche dieser Kehlkopfcentra hatten keine merkliche Wirkung darauf.

KLEMPERER mißt daher den kortikalen Kehlkopfcentren nicht die Bedeutung gewöhnlicher motorischer Centra bei, wie sie z. B. in der motorischen Zone der Gehirnrinde sich vorfinden.[1])

Auch SEMON äußert sich auf Grundlage experimenteller und klinischer Befunde in dem Sinne, daß die Rinde jeder Gehirnhemisphäre in Beziehungen zu beiden Hälften des Kehlkopfes steht. Infolgedessen erzeugen unilaterale Affektionen des Kehlkopfcentrums keine paralytischen Erscheinungen am Kehlkopfe infolge der gegenseitigen Kompensation der Kehlkopfcentra beider Hemisphären. Bilaterale Affektionen dagegen heben die willkürliche Innervation des Kehlkopfes bei Erhaltung der reflektorischen Funktion desselben auf, wie dies z. B. bei der Hysterie der Fall zu sein pflegt.[2])

KATZENSTEIN fand bei Untersuchungen über das kortikale KRAUSEsche Kehlkopfcentrum, daß dieses Centrum über allen Kehlkopfcentren dominiert, aber zu der eigentlichen Phonation nicht in näheren Beziehungen steht. Beim Hunde bewirkt die Reizung dieses Centrums Schließung, bei der Katze Öffnung der Kehlkopfspalte. Daß aber dieses Centrum beim Hunde für das Auseinanderweichen der Stimmbänder, bei der Katze für das Zusammenschließen derselben bestimmt ist, geht daraus hervor, daß diese Bewegungen von demselben Centrum aus hervorrufbar sind, wenn man beim Hunde die Nerven durchschneidet, welche die Stimmspalte verengern, bei der Katze die Nerven, welche die Stimmspalte erweitern bezw. die Stimmbänder zum Auseinanderweichen bringen. Daß unter normalen Verhältnissen beim Hunde die Verengerer der Stimmspalte, bei der Katze ihre Erweiterer überwiegen, erklärt sich anscheinend dadurch, daß der Hund in der Exspiration, die Katze in der Inspiration die Stimme von sich gibt.

Zu erwähnen ist hier zum Schlusse, daß man durch chemische Reizung des dorso-lateralen Abschnittes der Gehirnrinde des Frosches mit schwachen Karbolsäurelösungen das Tier zum Ausstoßen eigentümlicher, miauähnlicher Töne bringen kann (BAGLIONI). Die Abtragung der Hemisphäre hob diese Wirkung auf, ein Zeichen für die wirkliche

---

[1]) F. KLEMPERER, Experim. Untersuchungen über das Phonationscentrum im Gehirn. Arch. f. Laryngologie, Bd. 2.

[2]) SEMON, On the probably cortical region of some laringeal paralyse. The Practitioner. Januar 1899. Jahresb. f. Neurologie und Psych. 1900.

[3]) KATZENSTEIN, Untersuchungen über den N. recurrens und seine Rindencentren. Arch. f. Laryngol. Bd. 10, Heft 2.

Entstehung derselben durch Rindenreizung, zumal die Reizung anderer Gehirnteile mit Karbolsäure einen ähnlichen Erfolg nicht hatte.[1])

2. *Experimentelle Untersuchungsergebnisse.* — Indem ich nunmehr zu einer Darstellung meiner eigenen Untersuchungen und der Befunde meines Laboratoriums über das Verhalten der Stimmcentra übergehe, muß ich zunächst bemerken, daß es mir schon vor vielen Jahren (1883) an der Hand einer ganzen Reihe von Experimenten nachzuweisen gelang, daß verschiedene Tiere (Taube, Huhn, Ratte, Kaninchen, Katze, Hund) nach erfolgter Abtragung der Gehirnhemisphären selbständig keine Töne mehr von sich gaben. Auf Schmerzreize hin gaben diese Tiere stets mit maschinenähnlicher Promptheit einen Ton von sich, welcher bezüglich seines Charakters, seiner Intensität und Variabilität sich nicht wesentlich von der Stimme unterscheidet, welche auch gesunde Tiere unter analogen Verhältnissen von sich geben.

Bei manchen Vögeln, namentlich Hühnern, gelang es, eigentümliche Stimmerscheinungen hervorzurufen selbst schon durch ganz schwache Hautreize, wie leichtes Kratzen der Brust, Anfassen der Schwanzfedern, manchmal sogar schon beim Glätten des Rückens.

Diese Erscheinungen stehen somit in voller Analogie zu dem bekannten Quakversuch von Goltz.

Bei einer Wiederholung dieses Goltz'schen Quakversuches ersah ich, daß man bei dem enthirnten Frosche reflektorisches Quaken nicht nur beim Streicheln des Rückens, sondern auch bei schmerzhaften Reizen (Einklemmen der Pfote u. dgl.) beobachtet. Es besteht also bezüglich der Stimmreflexe eine volle Analogie zwischen höheren und niederen enthirnten Tieren.

Aus diesen Tatsachen, welche ich schon vor mehr als zwanzig Jahren eruierte, ging mit Gewißheit hervor, daß der psychische Impuls zur Phonation von der Gehirnrinde herrührt und daß der Verlust der Gehirnhemisphären keinerlei Störungen der Phonation an und für sich hervorruft, sondern daß dabei nur das Vermögen einer spontanen Phonation verloren geht, d. h. es entsteht eine Art psychische Paralyse der Stimme.

Späterhin habe ich bei Experimenten an der motorischen Reflexzone im Anschlusse an Ferrier und Krause erkannt, daß die Reizung eines bestimmten Feldes der Gehirnrinde in der von diesen Autoren angegebenen Region neben gesteigerter Exspiration auch Phonation ergibt. Es handelt sich hier also um ein echtes Stimmcentrum, von welchem die psychischen Impulse zur Phonation ausgehen.

Was die Verhältnisse der Affen betrifft, so liegt bei ihnen das Reflexcentrum des Kehlkopfes auch nach meinen Versuchen im vorderen Teil des unteren Abschnittes des Gyrus centralis anterior bezw. der aufsteigenden Stirnwindung,[2]) eine Lokalisation, welche mit den Angaben von Ferrier und Semon and Horsley vollkommen übereinstimmt.

Ich veranlaßte nach allem dem in meinem Laboratorium eine eingehende Bearbeitung der Verhältnisse der kortikalen Stimmcentra. Es wurden zu diesem Zwecke eine große Anzahl Versuche an Hunden an-

[1]) S. Baglioni, Centralbl. f. Physiol. 1900, Nr. 5.

[2]) W. Bechterew, Obosrên. psihiatr. 1897, S. 492. Verhdl. d. Wissensch. Versamml. d. Psychiatr. Klinik zu St. Petersburg 1895—1897, S. 88.

gestellt, wobei man sich der gerade hier äußerst wertvollen graphischen Registrierungsmethoden bediente (Dr. Ivanov).[1])

Die Versuche wurden an Hunden größtenteils in halber, einige sogar ohne jede Narkose ausgeführt. Die Beobachtung der Stimmbänderbewegungen geschah zum Teil nach der auch von Krause benutzten Methode, d. h. mittels Hervorziehung der Zunge und Andrückens des Kehldeckels an die Zungenwurzel. Zumeist aber diente zu den Beobachtungen ein Mutterspiegel, welcher in den Rachen eingeführt wurde und mit seinem abgeschrägten Rande die Epiglottis und die Zungenwurzel herabdrückte.

In anderen Fällen wurde .zum Behufe einer graphischen Darstellung der Stimmbänderbewegungen ein kleiner Gummiballon in den Kehlkopf eingeführt unter vorheriger Ausführung der Oesophagotomia subhyoidea; die Epiglottis zog man an zwei Fäden, die durch eine spaltförmige Wunde in derselben hindurchgingen, nach außen. Die Tiere wurden außerdem laryngotomiert und ein Laryngotomrohr mit seitlicher Öffnung eingeführt, um die Atmung von dem phonatorischen Apparat des Kehlkopfes definitiv zu trennen. Dann verband man den Ballon mit dem von ihm abgehenden, vorher mit Wasser gefüllten Rohr mit einem Manometer und durch letzteren mit der Registrierfeder eines Ludwig'schen Kymographen.

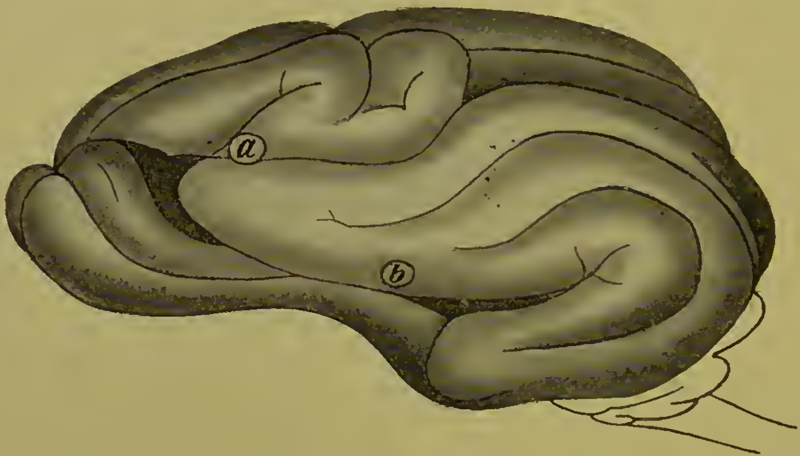


Fig. 325.
Gehirn vom Hunde. — *a* anatomische Lage des kortikalen Stimmcentrums; *b* Mundcentrum von Ferrier.

Die Registrierung auf der Walze des Kymographen erfolgte dabei durch Quecksilber-Wasserübertragung. In einzelnen Fällen bediente man sich auch der Luft-Wasserübertragung.

In einer besonderen Versuchsreihe wurden außer den Stimmbänderbewegungen auch die respiratorischen Bewegungen des Thorax mittels des Marey-schen Pneumographen registriert.

Die Rindenreizung erfolgte, wie gewöhnlich, mit dem Du Bois Reymond-schen Induktionsapparat.

Die Rindenzerstörung geschah mittels des Paquelin, die Exstirpation der Rinde wie gewöhnlich mit dem scharfen Löffel.

Eine Durchschneidung des N. laryngeus superior, wie dies in den Versuchen von François Franck geschah, wurde nicht vorgenommen, da die Furcht vor einem reflektorischen Glottiskrampf sich als übertrieben herausstellte.

Die Gesamtzahl der Tiere, an welchen solche Versuche angestellt wurden (ungerechnet zwei Hunde, welche bald nach der Trepanation eingingen), betrug 34.

---

[1]) Dr. E. Ivanov, Über die Centra der Gehirnrinde und der subkortikalen Ganglien für die Bewegungen der Stimmbänder und für die Phonation. Inaug.-Dissert. St. Petersburg 1899.

Die Reizung der Rindencentra ergab in 18 Versuchen folgendes Resultat:

Die unilaterale Reizung eines umgrenzten Feldes am Orte des vorderen-äußeren Abschnittes des Gyrus praecruciatus mit mäßig starken Strömen bewirkt ein Aneinanderrücken der Stimmbänder fast bis zu gegenseitiger Berührung. Dabei erhält man von jeder Hemisphäre aus einen bilateralen Effekt.

Bei der Reizung der gleichen Stelle (Fig. 325 *a*) mit stärkeren Strömen trat bei den Hunden Bellen, Knurren, hin und wieder auch Heulen auf. Diese Wirkung wurde zwar weitaus nicht in allen Versuchen beobachtet, aber ihre Unbeständigkeit findet darin eine Erklärung, daß die Phonation nur bei sehr schwacher Narkose sich einstellt, welche nur bis zu einem gewissen Grade die Schmerzempfindlichkeit abschwächt, aber die Gehirnrinde nicht allzusehr lähmt, was im allgemeinen schwer zu erreichen ist. Auf jeden Fall lieferten einige der Versuche bezüglich der Phonationserscheinungen ein sehr klares und auffallendes Bild, da man die betreffenden Hunde durch die elektrische Rindenreizung beliebig oft zum Bellen, Knurren usw. veranlassen konnte. In einzelnen

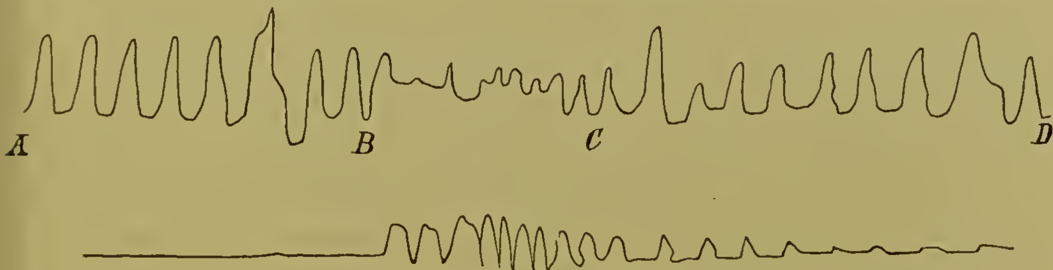


Fig. 326.
Kurve der Respiration (oben) und Phonation (unten) beim Hunde.
AB vor Reizung der Rinde; *BC* bei Reizung des Centrums *a*; *CD* nach Reizung des Centrums *a*.

Fällen setzte die Phonation 2—3 Sekunden nach dem Beginn der Reizung ein, also nach Ablauf einer langen Latenzperiode, ein Verhalten, welches auch in meinen eigenen hierbezüglichen Versuchen zu beobachten war (Fig. 326).

Was die Stimmbänder betrifft, so bewirkte die Applikation der Elektroden an die obenerwähnte Reizstelle einen nahezu vollständigen Verschluß der Stimmspalte, welche nun einige Augenblicke geschlossen blieb; dabei erschienen die Stimmbänder lebhaft gespannt. Außerdem bestand bei den Versuchstieren, abgesehen von Phonationserscheinungen (Gebell u. dgl.) eine Beschleunigung der thorakalen Atembewegungen; nicht selten kam es dabei auch zu Kontraktionen des oberen Teiles des Rachens, der Zungenwurzel, des Gaumensegels, der Gaumenbogen, der vorderen Halsmuskeln; in 2—3 Fällen beobachtete man im Beginne der Reizung 2—3 Schluckbewegungen.

In einigen Versuchen kam es zu vollem Verschluß der Stimmspalte ohne Phonation, wenngleich letztere dabei auf reflektorischem Wege, wie z. B. durch die Reizung der Gehirnhäute, leicht hervorgerufen werden konnte. Offenbar handelte es sich in diesem Falle um den Mangel der entsprechenden Atembewegungen, welche zum Zustandekommen der Phonation notwendig sind.

Die Phonationen der Tiere nach Rindenreizung waren in allen Fällen ohne Ausnahme schwächer als diejenigen gesunder Tiere und als die reflektorischen Stimmäußerungen, wie man sie z. B. bei der Reizung der Dura mater beobachtet. Es handelte sich dabei zumeist um abgebrochene Töne, welche nicht von einem besonderen Erregungszustande der Versuchstiere begleitet wurden.

Wurden Ströme von mäßiger Stärke (11—9 cm Rollenabstand) benutzt, dann ergab die Reizung der Rinde an der angegebenen Stelle vor allem eine respiratorische Wirkung bezw. Beschleunigung der Atmung. Phonation trat erst bei stärkerer Reizung auf.

Auch bei der Reizung einer Stelle am Orte des Zuflusses der vorderen Enden der dritten und vierten Windung, also in der Nachbarschaft des Exspirationscentrums, kam es zu einem abgebrochenen Bellen und Heulen, aber nur in einem der Versuche und nicht beständig. In einem anderen Versuche erzielte man von diesem Punkte aus Schluß der Stimmspalte.

In einem der Versuche konnte man von der Gegend des Gyrus praecruciatus überhaupt keine Wirkung erhalten. Wohl aber fand man bei der Reizung einer Stelle am Zusammenflusse der Vorderenden der dritten und vierten Windung ein ausgesprochenes Zusammenschließen der Stimmbänder, welches auf den Kurven deutlich hervortrat.

Wir finden demnach in der Gehirnrinde des Hundes zwei Centra, welche im Dienste der Phonation stehen.

Das eine davon ist wahrscheinlich willkürlicher Natur, bezw. es bewirkt willkürliche Phonation. Es liegt in nächster Nähe der motorischen Zone.

Das andere Centrum, welches weniger konstante Wirkungen ergibt, findet sich in der Nachbarschaft des Riechfeldes und des Gehörcentrums im Schläfenlappen. Dieses, von der eigentlichen motorischen Rindenzone weit abgelegene Centrum ist höchstwahrscheinlich als Reflexcentrum zu betrachten, was vielleicht in näherer Beziehung zu dem unwillkürlichen Ausdruck der Gefühlszustände steht. Über die Bedeutung dieses Centrums werden zukünftige Untersuchungen noch Licht zu verbreiten haben.

Zerstörungsversuche wurden nur an dem im Gyrus praecruciatus befindlichen Centrum vorgenommen. Es stellte sich dabei heraus, daß die unilaterale Abtragung dieses Centrums irgend merkliche Veränderungen weder an der Phonation, noch an den Bewegungen der Stimmbänder hervorrief.

Dagegen beobachtete man im Falle bilateraler Abtragung dieses Centrums beim Hunde das Unvermögen der willkürlichen Stimmäußerung. Das Tier konnte nach dem Eingriff nur unter dem Einflusse reflektorischer Reize einen Ton von sich geben, und dies dauerte bei dem Tier mehr als einen Monat, gerechnet von der Operation bis zum Eingehen desselben.

Dieses Ergebnis stimmt somit vollkommen überein mit meinen früheren hierbezüglichen Experimentalbefunden an Vögeln und Säugetieren, aus welchen hervorging, daß solche operierte Tiere zu einer willkürlichen Phonation vollkommen unfähig sind und nur auf reflektorischen Anreiz hin einen Ton von sich geben konnten.

Zugleich liefern diese Versuche eine Bestätigung des schon früher aufgestellten Satzes, daß das Rindencentrum der Stimme im Gyrus praecruciatus als willkürliches Centrum in dem Sinne funktioniert, daß durch die Tätigkeit dieses Centrums eine willkürliche Phonation zu Stande kommt.

3. *Pathologische Beobachtungen.* — Unter den klinischen Beobachtungen, welche das Bestehen eines kortikalen Stimmcentrums beim Menschen betreffen, ist hier in erster Linie der Untersuchungen Delavan's zu gedenken, betreffend einen Fall von linksseitiger Hemiplegie bei Vorhandensein einer deutlichen ausgesprochenen Parese der Stimmbänder und des Rachens.[1]) Im Laufe der Zeit ging die Lähmung der Extremitäten zurück und es erübrigte nur eine Parese des linken Stimmbandes, welche ungefähr sieben Jahre anhielt. Infolge dieser Parese veränderte sich die Stimme des Kranken, wurde zur Fistelstimme, ohne daß der Kranke sie steigern konnte.

Erwähnung findet bei dieser Gelegenheit eine Beobachtung von Seguin, wobei ebenfalls eine linksseitige Hemiplegie bestand, welche mit der Zeit zurücktrat unter Beibehaltung von Störungen der Phonation und Artikulation.

Im Hinblick auf solche klinische Zustände und die vorhandenen Experimentalbefunde gelangt Delavan zu dem Satze, daß bei dem Menschen ein besonderes Rindencentrum für die Bewegungen der Stimmbänder vorhanden ist. Seine Lage hat dieses Centrum, wie er annimmt, im Bereiche des dritten Astes der mittleren Gehirnarterie in der Nachbarschaft der Broca'schen Windung.

Lannois gibt zu der hier erörterten Frage fast nur theoretische Betrachtungen.[2]) Er beruft sich einerseits auf experimentelle Ergebnisse, andererseits auf die anatomisch-klinischen Beobachtungen von Duval, Luys, Delavan, Seguin u. A. und äußert daraufhin die Ansicht, daß in der Hirnrinde des Menschen ein spezielles Centrum für den Kehlkopf vorkommen muß. Er lenkt dabei die Aufmerksamkeit auf den Umstand, daß die Stimmbänder bei Aphasischen nicht normal funktionieren und daß solche Kranke nicht selten nur ein Stöhnen, Gurgeln und scharfe Kehllaute hervorbringen.

Klemperer dagegen glaubt in der pathologischen Literatur einen unanfechtbaren Fall von kortikaler Paralyse des menschlichen Kehlkopfes nicht nachweisen zu können. Er stellt übrigens die Wirkung der Gehirnrinde auf die Bewegungen der Stimmbänder nicht in Abrede, bezweifelt aber die Existenz eines kortikalen motorischen Kehlkopfcentrums für den Menschen ebensogut, wie für die Tiere in dem Sinn, wie wir etwa ein Armcentrum oder ein Facialiscentrum haben.[3])

Freilich verfügen wir gegenwärtig noch nicht über eine hinreichende Anzahl von Beobachtungen mit genau umgrenzten Rindenaffektionen. Doch kann das Vorkommen von Hemiplegien mit paralytischen Zuständen der Stimmbänder einem Zweifel nicht unterliegen. In einem mir bekannten Fall von Hemiplegie war die Parese der

---

[1]) Delavan, On the localisation of the cortical motor centre of the larynx. The medical Record. New-York 1885.

[2]) Lannois, Y-a-t-il un centre cortical du larynx? Revue de médicine. V. Paris 1885.

[3]) Klemperer, a. a. O.

Stimmbänder so hochgradig, daß der Kranke nur mit schwacher, abgebrochener und unnatürlich timbrierter Stimme sprechen konnte. Es war ihm nicht möglich, lauter zu sprechen, wenn er auch oft genug sich die Mühe dazu gab.

Erinnert man sich noch anderer in der Literatur mitgeteilter analoger Beobachtungen, so bleiben an dem Vorhandensein eines besonderen Stimmcentrums in der Gehirnrinde des Menschen nennenswerte Zweifel nicht übrig.

Was die Lokalisation dieses Centrums betrifft, welches die Bedeutung eines motorischen Kehlkopfcentrums beansprucht, so liegt Grund zu der Annahme vor, daß es unmittelbar hinter der Broca'schen Windung seine Lage haben muß. Offenbar handelt es sich hier um ein bilateral tätiges Centrum, wenn auch nicht geleugnet werden kann, daß jede Gehirnhemisphäre einen stärkeren Einfluß auf das Stimmband der entgegengesetzten Seite, als auf die gleiche Seite des Kehlkopfes ausübt.

Am nächsten kommt den vorhin dargelegten Experimentalbefunden eine von Garel mitgeteilte Beobachtung.[1])

Es handelte sich in diesem Fall um eine 72jährige Frau, welche an rechtsseitiger Hemiplegie und Aphasie litt. Die laryngoskopische Untersuchung entdeckte das Vorhandensein einer kompletten Paralyse des linken Stimmbandes, welche auf keinerlei lokale Ursachen zurückgeführt werden konnte.

Bei der Sektion fand man außer dem Herde der linken Gehirnhälfte mit Beteiligung der dritten Stirnwindung einen zweiten Herd in der dritten Stirnwindung der rechten Hemisphäre.

Dieser Beobachtung zufolge muß also das Centrum der Stimmbänder bei den Menschen im alleruntersten Abschnitt der vorderen Centralwindung in nächster Nähe des Sprachcentrums seine Lage haben.

Rossbach verlegt die Stelle der willkürlichen Stimmbandbewegungen mit größter Wahrscheinlichkeit in die Insel wegen ihrer Lage zwischen dem Sprachcentrum im unteren Abschnitte der Centralwindungen und dem Gehörcentrum in der oberen Schläfenwindung, da die Stimme mit diesen beiden Centren in näherem Zusammenhange steht.[2])

Auch Déjérine läßt den vorderen-unteren Teil der vorderen Centralwindung die Muskeln, welche die Stimmbänder in Bewegung setzen, versorgen.

In einem ähnlichen Sinne äußern sich Segnerini, Delavan u. A.

Ich selbst habe mich in diesem Punkte dahin ausgesprochen, daß das Centrum für die Kehlkopfmuskeln am unteren Abschnitt der Rolando'schen Furche zu suchen ist.[3])

4. *Die Lokalisation der motorischen Amusie.* — Mit der Frage nach der Lokalisation des Stimmcentrums beim Menschen stehen in unmittelbarem Zusammenhange die Lokalisationsverhältnisse der sogenannten motorischen Amusie.

Probst nimmt auf Grund der Analyse von fünf einschlägigen Fällen mit Sektionsbefunden an, daß das Centrum des musikalischen

---

[1]) Garel, Centre corticale laryngée. Paralysie vocale d'origine cérébrale Schmidts Jahrb., Bd. 212.

[2]) Rossbach, Beitrag zur Lokalisation des kortikalen Stimmcentrums beim Menschen. Deutsches Arch. f. klin. Med. 1890.

[3]) W. Bechterew, Die Leitungsbahnen im Gehirn und Rückenmark. St. Petersburg 1895—1896, Leipzig 1898.

Stimmausdruckes im Fuße der zweiten Stirnwindung auf beiden Seiten des Gehirns zu lokalisieren sei.

Volle Beachtung verdient in dieser Beziehung namentlich die von Mann geschilderte Beobachtung, betreffend einen Sänger, welcher nach einem Insult nicht mehr singen konnte, aber Melodien erkannte. Bei der Sektion des Mannes fand man eine Cyste im hinteren Teil der zweiten Stirnwindung auf der rechten Seite.

Eine Art Pendant dazu bildet der von Edgren beschriebene Fall, wo man einen Zustand rein sensibler Amusie beobachtete, bestehend in dem Vermögen Melodien zu unterscheiden bei erhaltenem Singvermögen. Hier waren die vorderen Abschnitte der ersten und zweiten Schläfenwindung auf der linken Seite affiziert.

Wie es aber scheint, ist die Frage nach der Lokalisation des motorischen musikalischen Centrums beim Menschen noch nicht als endgültig gelöst anzusehen.

Larionov, welcher in meinem Laboratorium die Verhältnisse der Gehörcentra speziell studierte, verlegt dieses musikalische Centrum in den alleruntersten Teil der Centralwindungen, entsprechend der Lage des Stimmcentrums, also direkt hinter dem Broca'schen Sprachcentrum.

Man kann in der Tat nicht umhin, hier zu beachten, daß in drei von den vier Fällen, welche Probst behandelte, außer dem hinteren Abschnitt der zweiten Stirnwindung auch der untere Teil der Centralwendungen affiziert gefunden wurde; in einem Fall war außer dem Fuß der zweiten Stirnwindung der mittlere Abschnitt der vorderen Centralwindung ergriffen. Da Querschnitte in der Darstellung dieses Falles nicht geliefert werden, so liegt die Möglichkeit der Annahme vor, daß die Affektion sich in der weißen Substanz auch auf die subkortikalen Gebiete des unteren Abschnittes der Centralwindungen verbreitet hatte.

Es darf hier noch bemerkt werden, daß der Fuß der zweiten Stirnwindung, wie die klinisch-anatomische Untersuchung bezeugt, das Schreibcentrum in sich enthält. Daß das Gesangcentrum als Bestandteil der Stimmfunktion dem Schreibcentrum näher liegen sollte, als dem Broca'schen Sprachcentrum, ist wohl wenig wahrscheinlich. Man kann sogar annehmen, daß das Broca'sche Sprachcentrum, im hinteren Abschnitt der linken unteren Stirnwindung belegen, nur eine Art Ergänzung des kortikalen Stimmcentrums der linken Seite bildet.

2. Die Wirkungen der Gehirnrinde auf die Bewegungen des Magendarmkanales.

a) Die Rindencentra der Nahrungsaufnahme, des Kauens und Schluckens.

Mit dem Akte der Nahrungsergreifung durch den Mund unter Beteiligung bestimmter Bewegungen der Lippen, der Kiefer und der Zunge treten bei den Säugetieren komplizierte motorische Mechanismen in Aktion, welche bestimmt sind

1. die Nahrung zu ergreifen und entsprechend ihrer Konsistenz entweder auf die Zungenoberfläche behufs Verschluckens zu befördern oder behufs Zerkauens zwischen die Zähne zu schieben;

2. härtere Teile der in den Mund aufgenommenen Nahrung zu zerkleinern und sie unter reichlicher Einspeichelung zum Bissen zu formen;

3. den Bissen durch den Rachenraum in den Magen zu befördern;

4. den in den Magen gelangten Bissen einer weiteren Zerkleinerung bis zur Konsistenz des Speisebreies zu unterziehen;

5. den Speisebrei in das Darmrohr überzuführen, worauf er unter allmählicher Verdauung im Darmlumen weiter transportiert wird und sich in den unteren Darmpartien in Gestalt wurstförmiger Massen ansammelt;

6. die dem Organismus entbehrlichen Bestandteile der Nahrung als Exkremente durch die Afteröffnung nach außen zu befördern.

Alle diese sukzessiv nacheinander sich vollziehenden motorischen Akte im Bereiche des Magendarmkanales, welche auf Ergreifen und Aufnehmen der Nahrung, Zerkauen, Verschlucken, auf Betätigung der Magenwände und des Pförtners, Peristaltik der Gedärme und Defäkation abzielen, stellen sich als vollkommen miteinander koordinierte Mechanismen dar.

Von diesen ist der erstgenannte Akt in seinen sämtlichen Teilen dem Willen unterworfen, wenn er auch in der Mehrzahl der Fälle reflektorisch vor sich geht.

Der Schluckakt gehorcht nur in seinem ersten Teil dem psychischen Impulse; denn von dem Augenblick an, wo der Bissen die vorderen Gaumenbogen passiert hat, wird das Schlucken vollkommen reflektorisch, wenn auch deutlich empfunden.

Der dritte und vierte Akt, also die Tätigkeit des Magens und seines Pförtners, sowie die Peristaltik der Gedärme gehen ganz unwillkürlich vor sich und stellen sich als ausschließlich reflektorische Vorgänge dar, welche wir für gewöhnlich nicht einmal empfinden.

Der letzte Akt endlich, die Nachaußenführung des Mastdarminhaltes, vollzieht sich zwar auf reflektorischem Wege, wird aber deutlich empfunden und unterliegt in seinem letzten Teil, der eigentlichen Defäkation, in erheblichem Maße dem Einflusse des Willens.

Die Innervationsverhältnisse jedes einzelnen Aktes, von denen, die wir soeben kennen lernten, sind schon in der Lehre von den Funktionen des Rückenmarkes und Verlängerten Markes Gegenstand eingehender Betrachtungen gewesen. Denn in diesen Teilen des Nervensystems finden sich die nächsten Koordinationscentra für alle diese Bewegungsakte. Wir wollen hier nur die wesentlichsten charakteristischen Eigentümlichkeiten dieser Akte hervorheben und den Einfluß zu erkennen suchen, welchen die Gehirnrinde auf den Mechanismus aller dieser Bewegungen ausübt.

1. Die Rindencentra der Nahrungsaufnahme (Reprehensio).

Das Ergreifen der aufzunehmenden Nahrung, welches mit Hilfe bestimmter Bewegungen des Kopfes, der Lippen, der Kiefer und der Zunge von statten geht, hängt ohne Zweifel von jenen Rindencentren ab, welche die entsprechenden Bewegungen dirigieren und welche schon an einer früheren Stelle dieses Werkes betrachtet wurden.

a) Literarische Angaben. — Man wird indessen in der Literatur auf die Angabe stoßen, daß die Bewegungen, welche auf eine Repre-

hension der Nahrung abzielen, in der Gehirnrinde durch ein besonderes Koordinationscentrum repräsentiert sind, welches alle die genannten Bewegungen in ihrer sukzessiven Aufeinanderfolge zusammenhält.

GAD hat die Beobachtung gemacht, daß man durch die elektrische Reizung eines bestimmten Teiles der Gehirnrinde des Kaninchens zusammengesetzte koordinierte Bewegungen erzielt, welche zur Aufnahme der Nahrung bestimmt sind und in dem Ausstrecken der Zunge nach vorn und nach der entgegengesetzten Seite bestehen, verbunden mit entsprechenden Bewegungen der Kiefer, der Lippen und der Zunge, welche den Eindruck machen, als wollte das Tier die Nahrung ergreifen.

Das Gebiet, dessen Reizung alle diese Bewegungen hervorrief, entsprach der Kreuzungsstelle der Kreuznaht mit der Pfeilnaht.[1])

Bei den Säugetieren haben wir demnach in der Rinde besondere Koordinationscentra für die Bewegungen, welche auf eine Reprehension der Nahrung abzielen. Man darf annehmen, daß analoge Koordinationscentra für das Ergreifen der Nahrung auch den anderen Säugetieren nicht fehlen. Als ein solches Centrum funktioniert beim Hunde offenbar das von FERRIER aufgefundene Mundcentrum (Fig. 325).

Wie schon früher erwähnt wurde, erzielte FERRIER bei der elektrischen Reizung einer umschriebenen Rindenstelle am vorderen Ende der dritten und vierten Windung Öffnen des Mundes und Hervorstrecken bezw. Zurückziehen der Zunge.[2])

In eingehenderer Weise ist dann die Wirkung dieser Rindenstelle beim Hunde auf die Zungenbewegungen durch UNVERRICHT verfolgt worden.

Späterhin hat ECONOMO bei der Reizung des vorderen Endes der Fissura ectosylvia eines Kätzchens Bewegungen des Hervorstreckens der Zunge beobachtet; wenn eine etwas mehr nach oben davor gelegene Stelle gereizt wurde, dann stellten sich Kaubewegungen ein.

FRANCK suchte durch spezielle Rindenläsionsversuche die Lokalisation des Nahrungsaufnahmecentrums zu eruieren, welchem schon SCHÄFER, HORSLEY, KRAUSE u. A. nachgegangen sind. Er zerstörte beim Hunde den vorderen Teil der dritten und vierten Windung zwischen der Fissura Sylvii und dem Sulcus praecentralis, bei den Affen dagegen lädierte er eine Stelle, welche um die Centralwindungen und das Operculum herum gelegen, hinten durch die Fissura Sylvii abgegrenzt wird. Im Falle linksseitiger Exstirpation dieser Rindenstellen kam es bei den Tieren zu einer Deviation der Zunge nach rechts; bei rechtsseitiger Exstirpation wich die Zunge noch stärker nach links hin ab. Das Schlucken und Saugen blieb dabei ungestört. Im Falle bilateraler Läsionen konnte man die Versuchstiere nur mühsam künstlich ernähren. Mit der Zeit jedoch trat eine Wiederherstellung der gestörten Funktion ein.[3])

Auf Grund dieses Ergebnisses lokalisiert FRANCK das Centrum der Nahrungsaufnahme am Fuße der Centralwindungen und im Operculum. Das Bestehen einer bilateralen Innervation erklärt die relative Gering-

---

[1]) GAD, Verhdl. d. Physiolog. Gesellsch. zu Berlin 1891.

[2]) FERRIER, West Riding. Asyl. Rep. Vol. III. 1873. Functions of the Brain, London 1876.

[3]) FRANCK, Über die Beziehungen der Großhirnrinde zu dem Vorgange der Nahrungsaufnahme. Arch. f. Anat. u. Phys. 1900.

fügigkeit der bei einseitigen Läsionen auftretenden Störungen. Übrigens führt bei Affen die unilaterale Läsion dieses Centrums zu schwereren Störungen als beim Hunde.

β) *Experimentelle Untersuchungsergebnisse.* — In meinen eigenen, an Hunden ausgeführten Versuchen[1]) erhielt ich ebenfalls konstant krampfhaftes Öffnen und Schließen der Kiefer von einer Rindenstelle aus, welche annähernd der Gegend entspricht, wo das sog. Mundcentrum von Ferrier lokalisiert ist.

Man darf daraufhin annehmen, daß auch beim Hunde außer Centren für die Bewegungen der Lippen und Wangen bezw. für das untere Facialisgebiet noch Koordinationscentra für das Öffnen des Mundes und für die Zungenbewegungen vorhanden sind. Diese Koordinationscentra haben offenbar zum Ergreifen und Aufnehmen der Nahrung Beziehungen.

Wir werden im folgenden bei der Darstellung der Erscheinungen der zweistufigen Zerstörung des Gebietes der Schluckcentra auf Versuche zu sprechen kommen, aus welchen hervorgeht, daß nach diesem Eingriff beim Hunde nicht nur Störungen des Schluckens auftreten, sondern daß in der ersten Zeit auch das Ergreifen der Nahrung vollkommen aufgehoben erscheint.

Was das Verhalten der Affen in dieser Beziehung betrifft, so haben mir meine Experimente an Macacus gezeigt, daß vor dem unteren Ende des Sulcus centralis etwas unterhalb des Kau- und Schluckcentrums Bewegungen hervorgerufen werden können, welche zum Ergreifen der Nahrung geeignet sind. In meinen Versuchen ergab die Reizung der bezeichneten Stelle konstant Öffnen des Mundes, Aufwärtsziehen der kontralateralen Wange und Klappern mit den Zähnen.

Da die Bewegungen des Oeffnens des Mundes und des darauffolgenden Zusammenschließens der Kiefer, welche das wesentliche Moment des Aktes der Nahrungsreprehension ausmachen, von beiden Hemisphären aus innerviert werden, so erzeugen unilaterale Läsionen des Mundcentrums keine wesentlichen Störungen des Aktes der Nahrungsergreifung. Aber bilaterale Läsionen der entsprechenden Centra können zur totalen Unfähigkeit der Nahrungsreprehension führen, wie dies Untersuchungen meines Laboratoriums (Trapĕsnikov) bezeugen.

Ich komme noch näher auf die einschlägigen Versuche selbst zurück, will aber schon hier bemerken, daß bei der zweiseitigen Abtragung der Region des Mundcentrums und der Kau- und Schluckcentra die Hunde nicht nur nicht kauen und schlucken, sondern das vorgelegte Fleisch nicht einmal ergreifen können.

Wenn ein so operierter Hund hungrig ist, sucht er das am Boden liegende Fleisch zu erfassen, aber dies gelingt ihm nicht; er schiebt das Fleisch mit der Schnauze über den ganzen Boden. Er vermag auch flüssige oder halbflüssige Nahrung nicht aufzulecken. Die Suppe bleibt daher, trotzdem der Hund offenbar gierig darnach ist, ungegessen; er taucht seine Schnauze hinein, kann die Flüssigkeit aber mit der Zunge nicht auflecken. Bei einem solchen Hund ist offenbar gerade die Koordination der Bewegungen gestört, welche zum Ergreifen der Nahrung bestimmt sind. Diese koordinierten Bewegungen sind augenscheinlich an eine ganz bestimmte Region der Gehirnrinde gebunden.

---

[1]) W. Bechterew, Physiologie der motorischen Zone, a. a. O.

2. Das kortikale Kaucentrum.

Der physiologische Akt des Kauens wird dadurch eingeleitet, daß die Mundöffnung nach geschehener Reprehension der Nahrung geschlossen wird durch Tätigkeit des Systems des Musculus orbicularis oris. Daran schließt sich eine Reihe von Kieferbewegungen, welche sich aus Öffnungs-, Schließungs- und Seitwärtsbewegungen zusammensetzen. Unterdessen drängt die Zunge, sowie zum Teil auch die Lippen und Wangen, fortwährend die reichlich eingespeichelten Nahrungsmassen in der Richtung zu den Zähnen. Dieser ganze Vorgang dauert solange, bis die aufgenommene Nahrung zerkleinert und durch die Bewegungen der Zunge zu Bissen umgeformt ist, welcher nun auf den Zungenrücken gelangt und durch dessen Bewegungen weiter zum Rachen hin befördert wird. Vom Augenblick der Formierung des Bissens und seiner Bewegung zum Rachen hin setzt bereits ein neuer Vorgang, nämlich das Schlucken ein, worüber später eine besondere Betrachtung folgen wird.

Das Kauen ist jedenfalls eine recht komplizierte Erscheinung, welche aus einer Reihe aufeinanderfolgender Bewegungen der Kiefer, der Zunge und z. T. der Lippen und Wangen sich zusammensetzt. Wenn wir das Kauen in jedem beliebigen Augenblick willkürlich einstellen und es beliebig wieder aufnehmen können, was die volle Unterordnung dieses Aktes unter den Willen beweist, so vollzieht sich demnach der Kauakt für gewöhnlich auf rein reflektorische Weise ohne jegliches Hinzutun unseres Willens, auf Grund eines ad hoc präformierten Mechanismus im Nervensystem. Dieser Mechanismus gehört den subkortikalen Gebieten des Centralnervensystems an; aber sein Ausgangspunkt liegt in der Gehirnrinde entsprechend der vorhin bereits angegebenen Tatsache, daß Willkürimpulse in jedem beliebigen Augenblick in den Kauakt hineingreifen, ihn zum Stillstand bringen und von neuem in Aktion setzen können.

a) Literarische Angaben. — Die ersten Angaben über einen Einfluß der Gehirnrinde auf das Kauen rühren, soviel ich weiß, von FERRIER her. Er lokalisiert zwar in der Gehirnrinde der Versuchstiere nicht ein besonderes Centrum für den Kauakt, aber er gibt innerhalb eines nach außen vom Gyrus sigmoideus gelegenen Rindenfeldes bestimmte Punkte an, deren Reizung bei den Versuchstieren Bewegungen der Mundwinkel, der Zunge und der Kiefer bewirkt: sogenanntes Mundcentrum.

Sodann fand TARHANOV bei neugeborenen Meerschweinchen um den Sulcus cruciatus herum ein besonderes Kaucentrum.[1])

LANGLOIS wiederholte TARHANOVS Versuche und konnte dessen Kaucentrum ebenfalls als vorhanden nachweisen.

Ich stieß im Jahre 1881 bei gemeinsam mit Dr. ROSENBACH ausgeführten Versuchen im Bereiche der Gehirnrinde des Hundes auf eine Stelle (c), von welcher aus Rückwärtsbewegung der Zunge, geringe Abwei-

---

[1]) TARHANOV, Sur les centres psychomot. des animaux nouveau-nés. Revue mens. d. med. et de chir. 1878. — Über die psychomotorischen Centra. St. Petersburg 1876.

chung derselben nach der entgegengesetzten Seite von Kieferbewegungen ausgelöst werden können.[1])

Ein wenig später fand ich, außer dem soeben angegebenen Centrum des Hundegehirns, beim Kaninchen im vorderen Teil der Gehirnrinde ein besonderes Gebiet, dessen Reizung charakteristische Kaubewegungen der Kiefer hervorrief.

Auch Minor erzielte von der Gehirnrinde des Kaninchens einen einseitigen Kaureflex.

Wir erwähnten schon früher, daß Krause vom Gebiete des äußeren Teiles des Gyrus praefrontalis Owen durch die elektrische Reizung sekundäre Schluckbewegungen hervorrief.

Rethi untersuchte die Verhältnisse der kortikalen Kau- und Schluckcentra an Kaninchen und Hunden. Er beobachtete mastikatorische Kieferbewegungen bei der Reizung eines Gebietes, welches nach vorn und außen vor den Centren für die Bewegungen der vorderen Extremität lag. An die Kieferbewegungen schlossen sich gewöhnlich Schluckbewegungen an. Nach Rethi's Versuchen stehen beide Bewegungsvorgänge in Abhängigkeit von jeder Gehirnhemisphäre.

Für das Kaninchen vermutet er das Bestehen eines assoziierten Centrums für den Kau- und Schluckakt. Wie er bemerkt, fand auch schon Wundt beim Hunde ein Centrum für das Kauen im Bereiche des Gyrus suprasylvius anterior.[3])

Hieran schließen sich nun Carpenter's Untersuchungen über die Kaninchencentra. Er findet auf Grund seiner Versuche das kortikale Kaucentrum an der lateralen und unteren Fläche des Gehirns in Gestalt eines ebenen Feldes von 6 mm Durchmesser, dessen hintere Grenze 5 mm von der Stelle entfernt ist, wo der Lobus olfactorius sich mit dem Gehirn verbindet, dessen untere Grenze am Tractus olfactorius liegt und dessen obere Grenze die seitliche Oberfläche des Gehirns erreicht.[4])

Zu betonen ist schließlich, daß ein Kaucentrum durch Beevor und Horsley auch am Gehirn der Affen nachgewiesen ist. Nach den Angaben dieser Autoren findet sich das Kaninchencentrum hier im alleruntersten Abschnitt der Centralwindungen hinter dem Sulcus praecentralis und dicht vor dem Schluckcentrum. Seine Reizung führt zur Ausbildung zweiseitiger rhythmischer Kaubewegungen.[5])

β) Experimentelle Untersuchungsergebnisse. — Meine eigenen hierbezüglichen Untersuchungen wurden zuerst im Jahre 1883 an Hunden angestellt. Einige Jahre darauf gelang es mir dann, das Bestehen eines besonderen Kaucentrums beim Kaninchen aufzuzeigen.[6]) Durch be-

---

[1]) P. J. Rosenbach, Über den Einfluß des Hungerns auf die Nervencentra. Dissert. St. Petersburg 1883, S. 74—75, wo man eine summarische Zusammenstellung unserer Ergebnisse über die motorische Zone der Gehirnrinde des Hundes findet.

[2]) W. Bechterew, Physiologie der motorischen Zone, a. a. O.

[3]) Rethi, Das Rindenfeld, die subkortikalen Bahnen und das Koordinationscentrum des Kauens und Schluckens. Sitz.-Berichte d. Kais. Akademie d. Wissenschaft, Wien 1893, Bd. 52. Wiener Med. Presse, 1894, Nr. 23.

[4]) E. G. Carpenter, Centren und Bahnen für die Kauerregung im Gehirn des Kaninchens. Centralblatt f. Physiologie, 1895, Bd. 2, Nr. 9.

[5]) Beevor and Horsley, a. a. O.

[6]) W. Bechterew, Physiologie der motorischen Zone, a. a. O.

sondere Experimente gelangte ich ferner zu der Erkenntnis, daß die Reizung des kortikalen Kaucentrums sowohl beim Hunde, wie auch beim Kaninchen den kompletten Kauakt auslöst, der aber anscheinend immer unilateraler Natur ist; die Zerstörung des Kaucentrums der einen Hemisphäre allein hinterläßt keine wesentlichen Störungen der Kaufunktion. Späterhin verfolgte ich das topographische Verhalten der Kaucentra bei den Affen und speziell bei Macacus. Die Kau- und Schluckcentra liegen bei diesen Tieren zwar in nächster Nachbarschaft von einander, doch sind beide deutlich von einander abgrenzbar. Nach meinen Untersuchungsbefunden findet sich das Centrum der Kaubewegungen bei Macacus im Bereiche der vorderen Centralwindung am unteren Ende des Sulcus centralis, unterhalb des Facialiscentrums und über dem Schluckcentrum. Das Kaucentrum nimmt hier die ganze Breite der vorderen Centralwindung ein. Die Reizung verschiedener Punkte dieses Centrums bewirkte in speziell ad hoc angestellten Versuchen eine wechselnde Verbindung von Kieferbewegungen mit Kontraktionen der beim Kauakte beteiligten Muskeln, sowie mit Bewegungen der Hilfsorgane. Wenn man beim Macacus verschiedene Punkte des Kaucentrums in der Richtung von oben nach unten reizt, dann erhält man folgende Bewegungen: Dicht unter dem Facialiscentrum erhält man einfache Kieferbewegungen, etwas weiter unten ergibt die Reizung des vorderen Teiles der Centralwindung Kieferbewegungen mit Bewegungen der Zunge nach der entgegengesetzten Seite und Seitwärtsbewegung der kontralateralen Wange. In der gleichen Höhe ergibt die Reizung des hinteren Teiles der Windung Kieferbewegungen, Öffnen des Mundes, Aufeinanderschlagen der Zähne, Kontraktionen der kontralateralen Wange. Ein wenig weiter nach unten bewirkt die Reizung der gleichen Windung in der Richtung von vorne nach hinten sukzessive folgende Bewegungen: Kieferbewegungen, Kontraktionen der Zungenbeinmuskeln, Öffnen des Mundes und Schlucken, dann Kieferbewegungen, Kaubewegungen, Kontraktionen des Buccinator (wie beim Kauen, Schütteln des Kopfes wie beim Abreißen eines Stückes Fleisch.

Möglicherweise hat für die Ausbildung der einzelnen Teile dieses bezüglich des Mechanismus der von ihm abhängigen Bewegungen so komplizierten Centrums auch die Individualität des Tieres eine gewisse Bedeutung, sodaß dementsprechend die Anordnung der einzelnen Teile dieses Centrums, sowie die relative Ausbildung derselben bei verschiedenen Individuen mehr oder weniger erhebliche Unterschiede aufweisen kann. Aber das allgemeine topographische Verhalten und die Ausbildung der einzelnen Bestandteile des Kaucentrums dürfte wohl nirgends bei diesen Tieren wesentliche Abweichungen von dem Grundtypus darbieten.

Auf jeden Fall kann man auf Grund des obigen Befundmateriales mit voller Bestimmtheit sagen, daß die verschiedenen Anteile des Kaucentrums der Affen zur Innervation der mannigfaltigen assoziierten Bewegungen bestimmt sind, welche zum Zerkauen und zur Zerkleinerung der Nahrung dienen. Bilateral innerviert werden nur die Bewegungen der Kiefer und einzelne Zungenbewegungen; dagegen haben alle übrigen am Kauakt teilnehmenden Bewegungen, wie die Lippen-, Wangen- und ein Teil der Zungenbewegungen, eine gekreuzte Innervation.

Aus diesen Verhältnissen ergibt sich, daß die unilaterale Zerstörung der Kaucentra keine nennenswerten Störungen des Kauaktes herbeiführen sollte. Dagegen bewirken bilaterale Läsionen der Gehirnrinde im Bereiche der Kaucentra für gewöhnlich auffallende Störungen der Kaufunktionen, wie dies u. a. das Beispiel des GOLTZ'schen Hundes ohne Großhirn bezeugt.

Zu bemerken ist hier übrigens, daß die bilaterale Abtragung der Rindencentra infolge der unmittelbaren Nachbarschaft der Kau- und Schluckcentra in der Regel zu Störungen nicht allein der Kaubewegungen, sondern auch des Schluckaktes führt. Die hierauf bezüglichen Versuche werde ich daher an einer späteren Stelle, nach Kenntnisnahme der kortikalen Schluckcentra, näher darstellen.

3. Die kortikalen Schluckcentra.

Zu der Betrachtung der Rindencentra des Schluckens übergehend, muß ich dem Befundberichte zunächst einige Worte darin vorausschicken, was man unter Schlucken zu verstehen hat. In einer aus meinem Laboratorium hervorgegangenen Untersuchung über diesen Gegenstand findet man folgende Schilderung des Schluckaktes.[1])

Wenn der Bissen sich definitiv formiert hat, dann legt sich die Zunge seitwärts in die Breite ein und preßt sich mit der Spitze an den harten Gaumen. So kommt es zur Bildung einer Rinne, welche oben vom harten Gaumen, seitwärts, vorne und unten von dem Muskelfleische der Zunge selbst begrenzt wird. Diese Rinne dient zur Aufnahme des Bissens. Dann legt sich die Zunge, von der Spitze bis zur Basis fortschreitend, nach und nach an den harten Gaumen an und preßt und stößt dadurch natürlich den Bissen in der Richtung nach hinten bezw. rachenwärts. Das Erheben der Zungenspitze vollzieht sich durch Centren der oberen Längsfasern der Zunge; das Erheben des Zungenrückens geschieht durch Centren des M. mylohyoideus, welcher den Mundboden bilden hilft und sich zusammenziehend das Zungenbein aufwärts erhebt; das Erheben der Zungenwurzel endlich bewirken die Musculi styloglossus und palatoglossus.

Von der Zungenwurzel aus wird der Bissen über die vorderen Gaumenbogen hinaus gestoßen, wo sich ihm der Schleim beimischt, welcher von den Gaumenmandeln herrührt. So lange der Bissen die Arcus palatoglossi nicht passiert hat, kann der Schluckakt noch nach Belieben aufgehalten werden. Dies ist der willkürliche Anteil des Schluckaktes. Oft freilich hat auch dieser willkürliche Teil des Schluckens reflektorischen Charakter; wenn man z. B. irgend etwas im Munde hat, so bedarf es einer gewissen Anstrengung, um das Gekaute im Munde zu behalten und es nicht zu verschlucken. So sehr sind wir an das unmittelbare Aufeinanderfolgen der beiden Akte des Kauens und Schluckens gewöhnt. Ist die Aufmerksamkeit abgelenkt, dann verschlucken wir gewöhnlich den Bissen, ohne es selbst zu wollen.

Sobald der Bissen nun die vorderen Gaumenbogen passiert und sich ihm das schleimige Sekret der Mandeln beigemischt hat, kontrahieren sich diese Bogen mittels der in ihnen enthaltenen Musculi glosso-

[1]) A. V. TRAPEŠNIKOW, Über die centrale Innervation des Schluckens. St. Petersburg 1897.

staphylini und wehren nun in Verbindung mit der Zungenwurzel dem Bissen den Weg nach vorn. So kam den vorderen Gaumenbogen der Name Constrictor isthmi faucium. Gleichzeitig teilt sich der Rachenraum in zwei Kammern: Cavum pharyngo-nasale und Cavum pharyngolaryngeum. Die Trennung derselben beruht auf Erhebung des Gaumensegels, Aneinanderrücken der hinteren Gaumenbogen und Vorwölbung der hinteren Rachenwand durch Kontraktionen des M. pterygo-pharyngeus. Es kontrahieren sich nun die Mm. constrictores pharyngis medius und inferior, was den Bissen abwärts drängt gegen den oberen weiten Abschnitt des Oesophagus, da der Weg zum Kehlkopf in diesem Augenblick durch die Epiglottis und den Zusammenschluß der Glottis bereits verlegt ist. Das ist der zweite Anteil des Schluckaktes. — Das nun folgende Hindurchspritzen des Bissens durch die Speiseröhre fassen viele Autoren als dritte Phase des Schluckaktes auf.

Über die Verhältnisse des Schluckaktes ist übrigens eine volle Klarheit nicht erzielt, es bestehen vielmehr noch wesentliche Debatten bezüglich der einzelnen Bestandteile der Schluckfunktion.

Die erste Phase des Schluckaktes unterliegt übrigens keinen Meinungsverschiedenheiten oder nur solchen, die sich auf unwesentliche Dinge beziehen und daher an und für sich keine große Beachtung verdienen.

Wesentlichere Unklarheiten betreffen die zweite Phase des Schluckaktes.

In dieser Beziehung ist vor allem auf Kronecker's und seiner Schüler Untersuchungen hinzuweisen

Das Wesen der Kronecker'schen Anschauungen und derjenigen seiner Schule geht dahin, daß die von anderen festgehaltene Bedeutung der Rachenmuskeln für die Weiterbeförderung des Bissens während der zweiten Schluckphase nicht anerkannt, der Rachenraum vielmehr während des Schluckens einer Spritze verglichen wird, deren Stempel die Zungenwurzel bildet. Es wird dabei vorausgesetzt, daß der Bissen früher in den Oesophagus gestoßen wird, als Centren der Rachenmuskeln und peristaltische Bewegungen der Speiseröhre einsetzen.

Nach den Muskeln, welche bei dem Transport des Bissens in Frage kommen, glaubt Kronecker schon aus theoretischen Überlegungen den Constrictor pharyngis superior ausschließen zu sollen.

Er erkannte ferner, daß die Durchschneidung des Constrictor pharyngis medius und inferior beim Hunde das Schlucken nicht aufhebt, doch ist dabei die Atmung erschwert und es gelangen Speiseteile in die Lunge, so daß die Tiere schon bald eingehen. Jene Muskeln sollen daher nicht dazu da sein, den Bissen in den Oesophagus zu befördern, sondern dazu dienen, Speisebrocken, welche an den Rachenwänden haften geblieben sind, dem Oesophagus zu übergeben.

Zum Schlucken werden demnach im Sinne von Kronecker vor allem jene Muskeln bestimmt sein, durch deren Wirkung der Schluckakt eröffnet wird. Das Schlucken vollzieht sich also in erster Linie auf Grund jener Kräfte, welche zu der sog. ersten Phase des Schluckaktes in näheren Beziehungen stehen. Der ganze komplizierte Muskelapparat des Rachens und des Oesophagus würde im Lichte der Kronecker'schen und seiner Schule Anschauungen am Schluckakte nur in sekundärer geringfügiger Weise beteiligt sein und erhält so gewissermaßen nur die

Bedeutung einer akzessorischen oder Hilfskraft der in Rede stehenden Funktion.

Inwiefern diese Theorie den tatsächlich bestehenden Verhältnissen gerecht wird, bleibe hier zunächst dahingestellt. Offenbar ist eine definitive Entscheidung aller dieser Fragen ohne neue Spezialuntersuchungen nicht herbeiführbar.

Doch möchte ich hier bemerken, daß nach Kronecker's Versuchen die Durchschneidung des N. hypoglossus für sich und in Verbindung mit dem N. laryngeus superior das Schlucken zwar nicht aufhebt, aber es erheblich behindert. Bei der Durchschneidung der Constrictoren dagegen konnte noch geschluckt werden, aber flüssige und halbflüssige Teile gelangten durch den Kehlkopf in die Lungen, so daß es schließlich zur Aspirationspneumonie kam. Bei der Durchschneidung des M. mylohyoideus war das Schlucken gleichfalls recht erschwert. Offenbar fällt also allen diesen Bestandteilen des Nervenmuskelapparates eine hervorragende Rolle beim Schlucken zu. Selbst im Lichte der Kronecker'schen Anschauungen bleibt diesen Bestandteilen des neuromuskulären Apparates ja eine gewisse Rolle beim Schlucken nicht entzogen, wohl aber ist die Rolle dieser Teile hier allzusehr eingeschränkt worden zu Gunsten der ersten Phase des Schluckacktes, welche, wie gesagt, nach Kronecker's Theorie im Vordergrund des ganzen Schluckphänomens steht. —

Was nun die Beziehungen der Vorderhirnrinde zu der Schluckfunktion betrifft, so beginnen die ersten

a) Literarischen Angaben über diesen Gegenstand mit den Untersuchungen von Krause, welcher unter Munk's Anleitung speziell den Wirkungen der Gehirnrinde auf die Bewegungen des weichen Gaumens und des Kehlkopfes nachging.[1])

Krause experimentierte in diesem Fall an narkotisierten Hunden; um die Bewegungen der Gaumenmuskeln zu verfolgen, wurde die Epiglottis mit einer hakenförmigen Sonde nach vorne gezogen; vorgezogen wurde auch die Zunge der Versuchstiere.

Das Gebiet des Schluckcentrums in der Gehirnrinde liegt nun nach den Ermittelungen Krause's auf der steil abfallenden Oberfläche des Gyrus praefrontalis, welche gewöhnlich durch ein größeres Blutgefäß abgegrenzt erscheint, was vom Seitenrande des Sulcus cruciatus nach vorne und unten zieht. Die Reizung dieser Stelle bewirkt schon bei schwachem Strome schnell aufeinanderfolgende Schluckbewegungen. Bei Stromverstärkung beobachtete Krause ein Aufwärtsrücken des Kehlkopfes, Erhebung des rechten Gaumens, Kontraktionen des Constrictor pharyngis superior, Erhebung des hinteren Teiles der Zungenwurzel, Kontraktionen des Arcus palatoglossus und Schluß der Glottis und des Aditus ad laryngem. Nach der Annahme Krause's ist das von ihm aufgefundene Rindenfeld für den ersten bezw. willkürlichen Anteil des Schluckaktes bestimmt.

Krause versuchte auch die Schluckcentra der Gehirnrinde auf beiden Seiten zu zerstören, doch kamen dabei besondere Störungen bei den Versuchstieren nicht zur Beobachtung. Zu bemerken ist übrigens,

---

[1]) H. Krause, Über die Beziehungen der Großhirnrinde zu Kehlkopf und Rachen. Arch. f. Anat. u. Physiol. 1884. Phys. Abt.

daß Krause die Schluckcentra jeder Hemisphäre zu verschiedenen Zeiten lädierte, meist mit Intervallen von mehreren Wochen dazwischen, was wohl die Ursache des negativen Ergebnisses sein konnte; doch nimmt Krause selbst an, daß seine Läsionen nicht ausgiebig genug waren, um Schluckstörungen hervorzurufen.

Nach Krause's Untersuchungen blieb das Studium der Schluckcentra bis 1893 fast unberührt.

Übrigens hat Gad durch Versuche, deren schon früher hier gedacht wurde, nachgewiesen, daß nach der Entfernung der ganzen oder eines großen Teiles der Gehirnrinde des Kaninchens charakteristische Störungen der Schluckbewegungen auftreten. Ein solches Kaninchen kann das Kohlblatt mit den Lippen fassen und sogar zwischen die Lippen schieben, aber verschlucken kann es den Kohl nicht. Diese Versuche waren ein klarer Beweis für die Wirkungen der Gehirnrinde auf den Schluckakt.[1])

Dann erschienen 1893 fast gleichzeitig die Mitteilungen von Rethi[2]), sowie von mir und Ostankow über das Schluckcentrum.[3])

Der Arbeit Rethi's wurde schon vorhin gedacht, als von den kortikalen Kaucentren die Rede war.

Die Versuche Rethi's beziehen sich, soviel man dies aus seiner Beschreibung ersehen kann, in erster Linie auf Kaninchen, wenngleich er auch von Experimenten an Hunden spricht.

Beim Kaninchen beobachtete er Kaubewegungen, an welche sich Schluckbewegungen anschlossen, bei der Reizung der Gehirnrinde nach vorn und außen von dem Centrum für die vordere Extremität.

Auf Grund dieser seiner Versuche nimmt Rethi beim Kaninchen ein allgemeines kortikales Centrum für die koordinierten Kau- und Schluckbewegungen an. Sämtliche Kau- und Schluckbewegungen sollen gleichermaßen von jeder Gehirnhemisphäre aus innerviert werden.

Zu gedenken ist hier schließlich der Untersuchungen von Beevor und Horsley an Affen, denen zufolge das kortikale Kau- und Schluckcentrum dieser Tiere im Bereiche der vorderen Centralwindung und zwar im alleruntersten Felde derselben hinter dem Sulcus praecentralis zu lokalisieren ist.

β) Experimentelle Untersuchungsbefunde.

Unsere das kortikale Schluckcentrum betreffenden Studien wurden an Hunden ausgeführt. Die Schluckbewegungen wurden einerseits durch unmittelbare Beobachtungen verfolgt; andererseits führte ich zu diesem Zwecke die Methode der graphischen Registrierung ein, und zwar für alle Bewegungen der dritten Phase des Schluckaktes. Wir führten dabei den operierten Tieren einen feinen Gummiballon in den Raum des Oesophagus hinein. Der Ballon war an das Ende einer Magensonde befestigt, und gelangte durch Rückwärtsziehen der Sonde in den oberen Teil der Speiseröhre. Den nach außen ragenden Teil der Sonde befestigte man dann an die Schnauze des Versuchstieres.

Ballon und Sonde wurden vorher mit Wasser gefüllt. Nach geschehener Einführung der Sonde in die Speiseröhre wurde das Außenende durch einen mit Wasser gefüllten Gummischlauch mit einem Wassermanometer verbunden, sodaß nun die Bewegungen des oberen Oesophagusabschnittes während des Schlnckacktes leicht auf eine rotierende Trommel übertragen werden konnten.

---

[1]) Gad, Arch. f. Anat. u. Phys., Phys. Abt. 1891.

[2]) Rethi, a. a. O.

[3]) Bechterew und Ostankov, Verhandl. der Neuropatholog. Gesellsch. zu Kasan 1893. Vgl. auch: Über den Einfluß der Gehirnrinde auf die Schluck- und Atmungsfunktion. Nevrolog. vêstn. 1894, Bd. 2, H. 2.

In unseren Versuchen bewirkte die Reizung des vorderen Abschnittes der zweiten Windung nach außen vom Gyrus sigmoideus ganz am vorderen Ende der zweiten Furche bei den Hunden stets einen deutlich ausgesprochenen Schluckakt.

Das von uns aufgefundene Centrum (Fig. 327 *a*) steht topographisch in nächster Beziehung zu den Centren der Bewegungen der Mundwinkel, der Kiefer, der Zunge, sowie zu dem sog. Mundcentrum von FERRIER und zu dem Kaucentrum.



Fig. 327.
Gehirn des Hundes. — Die Reizung des Punktes *a* bewirkt Schluckbewegungen; *b* von TRAPEŠNIKOV angegebener Rindenpunkt.

FRANCK's spätere Untersuchungen[1]) bestätigten im allgemeinen den Befund, daß das Schluckcentrum des Hundes im unteren Abschnitt des Gyrus sylviacus anterior und des Gyrus ectosylvius anterior lokalisiert ist.

Durch Versuche an Affen konnte ich ferner nachweisen, daß das Schluckcentrum dieser Tiere sich im alleruntersten Abschnitt der vorderen Centralwindung neben dem Kaucentrum befindet (Fig. 328).



Fig. 328.
Gehirn des Affen.
a Lage des Schluck- und Kaucentrums.

Weitere eingehende und umfassende Untersuchungen über das Schluckcentrum des Hundegehirns wurden in meinem Laboratorium vor einer Reihe von Jahren auf meine Veranlassung durchgeführt (Dr. TRAPEŠNIKOV).[2])

Das allgemeine Ergebnis dieser Untersuchungen geht dahin, daß der Schluckakt erzielbar ist 1. von dem von mir und OSTANKOV angegebenen Punkte *a* aus, 2. von einem anderen Rindenpunkte *b*, welcher sich an der Außengrenze der Wurzel des Tractus olfactorius entsprechend der Vereinigungsstelle der Fissura praesylvia mit der Fissura olfactoria befindet, welche an diesem Punkte durch ihr Zusammentreffen einen nach vorne und ein wenig nach oben offenen Winkel erzeugen.

---

[1]) FRANCK, Arch. f. Anat. u. Phys. 1900.

[2]) A. V. TRAPEŠNIKOV, Über die centrale Innervation des Schluckens, St. Petersburg 1896.

Von diesem sub 2. genannten Punkte aus trat der Schluckakt sogar mit größerer Konstanz auf, als bei der Reizung des sub 1. erwähnten Punktes. Bei manchen empfindlichen Tieren, wie z. B. bei jungen Hunden von $4\,{}^1/_2$—6 Monaten erhielt man den Schluckakt von diesem Punkte aus besonders leicht und zwar schon bei ganz schwacher Reizung; der Schluckakt trat hier von jedem Punkte aus auf, welchen man zwischen dem Centrum 1. und dem Centrum 2. reizte. Die Reizung des Rindengebietes zwischen beiden Centren blieb nie wirkungslos bei den sämtlichen geprüften Versuchshunden; man erhielt von den einzelnen Punkten dieses Zwischengebietes gewissermaßen die einzelnen Bestandteile des zusammengesetzten Schluckaktes. So z. B. bewirkte die Rindenreizung in der Nachbarschaft des Schluckcentrums *b* Centren der Schläfenmuskeln; die Rindenreizung in der Nähe des Schluckcentrums *a* brachte die Zungenbeinmuskeln in Aktion; die Reizung des zwischen *a* und *b* belegenen Rindenfeldes dagegen ergab Zungenbewegungen und zwar konstant in allen Versuchen (Fig. 329).

Im Hinblick auf alle diese Erscheinungen wäre anzunehmen, daß das ganze zwischen den Punkten *a* und *b* (Fig. 328) belegene Gebiet der Schluckfunktion dient, wenn auch die Möglichkeit des Bestehens zweier kortikalen Centra für das Schlucken nicht abzuweisen ist.

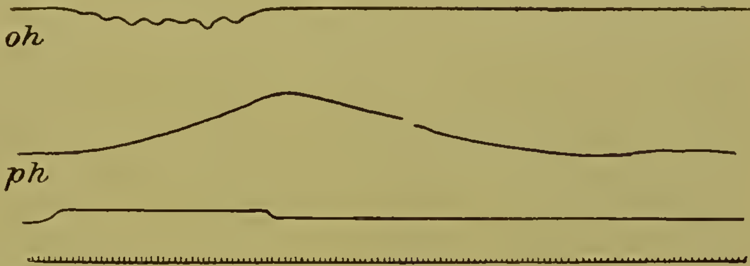


Fig. 329.
Schluckkurve bei Reizung des Rindenpunktes *b*; *oh* Zungenbein; *ph* Pharynx.

Von diesem Punkte *b* aus erhielt man den Schluckakt selbst in dem Falle, wenn vorher beide Nn. hypoglossi durchschnitten waren, also bei unbeweglicher Zunge. Daraus folgt, daß die Rückwärtsbewegung der Zunge im vorliegenden Fall nicht etwa durch Druck seitens des Ballons (s. oben, technische Vorbemerkungen) hervorgerufen wurde, sondern daß diese Rückwärtsbewegung eine vom Schluckcentrum aus hervorgerufene Erscheinung ist.

Bemerkenswert erscheint, daß man bei der Reizung der kortikalen Schluckcentra eingipfelige und nicht zweigipfelige Kurven erhält, wie letzteres in Kronecker's und seiner Schüler Versuchen der Fall war, wo ebenfalls ein Ballon in den Oesophagus eingeführt wurde. Es fehlt gerade der sekundäre Gipfel, welcher nach Kronecker's Angaben einer verspäteten Kontraktion der Rachenmuskeln entsprechen soll.

Was die topographischen Verhältnisse des Schluckcentrums betrifft, so kann man nicht umhin zu bemerken, daß das Centrum *b* dem Ferrier'schen Mundcentrum sehr nahe liegt, während das *a*-Centrum in nächster Nähe des Hemmungscentrums der Abtragung seinen Platz findet.

Wenn also beide Centra gleichermaßen im Falle ihrer Erregung den Schluckakt auslösen, so setzt dieser offenbar in beiden Fällen nicht auf gleiche Weise ein. Bekanntlich beginnt das Schlucken gewöhnlich

mit einer Zungenbewegung, sie kann aber auch direkt mit Kontraktionen der Rachenmuskeln einsetzen, wenn z. B. der Bissen direkt in den Rachenraum gelangt. Dann erfolgt unter Stillstand der Atmung — was einen Eintritt von Speiseteilen in den Kehlkopf verhindert — sogleich der Schluckakt bei gänzlicher Unmöglichkeit, ihn willkürlich aufzuhalten. Man kann darauf hin annehmen, daß der Schluckakt im Falle der Erregung des neu entdeckten *b*-Centrums mit einer Zungenbewegung, also mit einem Element der ersten Schluckphase einsetzt; das Centrum bewirkt also den vollen Schluckakt in seinem ganzen Umfang, während die Erregung des von mir und Ostankov angegebenen *a*-Centrums den Schluckakt annähernd vom Beginn seiner zweiten Phase auslöst.

Da der Schluckakt nur bei Vorhandensein eines Bissens oder einer Flüssigkeit im Rachenraume zu Stande kommt, so versteht man, daß vom *b*-Centrum aus der Schluckakt, welcher hier mit seiner ersten Phase einsetzt, konstanter auftreten muß, da der Speichel in diesem Falle Zeit hat, sich im Rachenraume anzusammeln, während in dem Falle, wo der Schluckakt direkt mit seiner zweiten Phase beginnt, im Rachenraume eine hinreichende Speichelmenge vorhanden ist.

Mir scheint es daher, daß zwischen dem *a*-Centrum und *b*-Centrum ein analoges physiologisches Verhältnis besteht, wie zwischen der ersten und zweiten Phase des Schluckaktes. Dies geht auch daraus deutlich hervor, daß von dem zwischen beiden Centren befindlichen Rindenfelde aus wie gesagt Bewegungen hervorgerufen werden konnten, welche gewissermaßen den einzelnen Bestandteilen des komplizierten Schluckaktes entsprachen, so z. B. Centren des M. temporalis, des M. masseter, der Zungenbeinmuskeln usw. Wenn von diesem Intermediargebiete aus der Schluckakt nicht so leicht auslösbar erschien, wie von dem *a*- und *b*-Centrum aus, so beruht dies wohl darauf, daß der Schluckakt als zusammengesetzte koordinierte Bewegung, deren Zustandekommen an die Bedingung einer genau bestimmten Sukzessivität der Muskelcentren gebunden ist, überhaupt am leichtesten sich vollzieht entweder von der ersten, willkürlichen Phase aus, welche mit Centren der Zungenmuskeln einsetzt, oder von der zweiten unwillkürlichen bezw. reflektorischen Phase aus, die mit Centren der Rachenmuskulatur einsetzt; nicht so leicht kommt der Schluckakt dagegen von einer der intermediären Momente aus, welche zwischen beiden Hauptphasen liegen, zu Stande.

Läßt man also für den Schluckakt zwei Centra gelten, ein willkürliches und ein unwillkürliches, so dienen die intermediären Rindenpunkte, welche zwischen jenen sich finden, wohl ebenfalls zur Innervation von Muskelcentren, welche an dem Schluckakt beteiligt sind. Somit würde das ganze Rindenfeld, welches beide in Rede stehende Centra beherbergt, einschließlich der Intermediärzone den Bewegungen vorstehen, welche in den komplizierten Mechanismus des Schluckaktes hineingreifen.

Trotzdem das Centrum *b* dem Bulbus olfactorius recht nahe liegt, bewirkt die Reizung des letzteren keinerlei Schluckbewegungen. Demnach hat der Schluckakt, welchen man bei der Rindenreizung in der Nähe der Basis des Bulbus olfactorius erzielt, keine Beziehungen zu Erregungszuständen des Riechlappens.

γ) Die Folgeerscheinungen der bilateralen Abtragung der Schluckcentra. — Die unilaterale Exstirpation der Schluckcentra bewirkt, wie aus obigen Untersuchungen meines Laboratoriums hervorgeht, keine merklichen Störungen der Schluckbewegungen. Dies beruht unzweifelhaft auf der bilateralen kortikalen Innervation des Schluckmechanismus.

Ganz anders bei zweiseitigen Läsionen der Schluckcentra. Wir erwähnten schon vorhin, daß Krause bei der doppelseitigen Zerstörung dieser Centra ein negatives Resultat hatte; aber hier handelte es sich um eine unvollständige Zerstörung dieser Centra und es vergingen Wochen, bis man zur Abtragung des Schluckcentrums der anderen Hemisphäre schritt. Diese beiden Momente konnten die Ursache des Mißerfolges und des negativen Versuchsergebnisses in diesem Falle sein.

Wir zerstörten beide Schluckcentra total und zwar gleichzeitig an beiden Hemisphären. Das Resultat dabei war dementsprechend ein anderes, als in den vorerwähnten Versuchen Krause's. Die Folgeerscheinungen der bilateralen Abtragung der kortikalen Rindencentra des Hundes sind so bemerkenswert, daß, wir uns nicht versagen können, aus der Beschreibung, welche Dr. Trapešnikov davon lieferte, wenigstens die wesentlichsten Momente hier auszugsweise wiederzugeben.

In einem der Versuche wurden einem Hunde auf beiden Seiten die Rindenfelder zerstört, welche den vorhin angegebenen kortikalen Schluckcentren entsprechen. In den ersten zwei Tagen befand sich der Hund noch teilweise unter dem unmittelbaren Einfluß der Operation und der Narkose. Ich schildere daher die Beobachtungen vom 3. Tage an. Der Hund war in dieser Zeit noch schwach, lag fast immer auf einem und demselben Fleck da, erhebt und wendet aber den Kopf, wenn man ihn anruft. Als gehacktes Fleisch gebracht wurde, stürzte sich der Hund gierig darüber her, wollte es fassen, bekam es aber nicht, sondern verschmierte es nur über den ganzen Boden mit der Schnauze. Als man dem Hunde gewaltsam das Maul öffnete und das Fleisch in den vorderen Teil des Mundes brachte, den Hund dann sich selbst überlassend, blieb das Fleisch im Munde liegen; der Hund konnte es nicht schlucken, wenngleich die Zungenbewegungen nicht gelähmt waren und das Tier z. B. seine Schnauze auf beiden Seiten mit der Zunge belecken konnte. So lag das Fleisch mehr als eine halbe Stunde im Munde und wurde dennoch nicht verschluckt. Man öffnete dem Tier nun wieder das Maul und schob das Fleisch tiefer hinein. Der Erfolg war der gleiche. Und erst als das Fleisch über die Zungenwurzel hinaus in den Rachenraum geschoben wurde, verschluckte es das Tier sogleich.

Ebenso blieb die Milch, welche man dem Hunde vorsetzte, unbenutzt; der Hund gab sich alle Mühe, sie zu trinken, aber ohne Erfolg. Die in den Mund eingegossene Milch kam, falls sie nicht direkt in den Rachen gelangt war, auf beiden Seiten wieder heraus. Die in den Rachen eingegossene Milch dagegen wurde anstandslos verschluckt, ohne daß dabei Husten oder Prusten auftrat.

Am vierten Tage nach dem Eingriff steht das Tier ganz munter auf und geht im Laboratorium umher, kehrt, wenn man ihn anruft, den Kopf; bei den Lokomotionen besteht Ataxie der Vorder- und Hinterbeine; das Tier stellt beim Gehen die Beine weit auseinander, schwankt

hin und her, weicht von der geraden Linie und von dem verfolgten Ziele ab, aber ohne merkliches Vorwiegen irgend einer Seite. Beim Stehen und Gehen kreuzen sich die Vorderbeine nicht selten und krümmen sich im Kniegelenke.

Am nächsten Tage ist der Hund munterer, erhebt, falls man ihn anruft, prompt den Kopf und wedelt mit dem Schwanz, läuft gelegentlich sogar eine Strecke weit in gewöhnlichem Hundetrab, bei den Wendungen jedoch schwankt er und stürzt dabei manchmal zu Boden. Das dem Hunde zur Nacht dagelassene Fleisch war nicht gefressen worden, desgleichen die halbflüssige Suppe, in der ein tiefer grubenförmiger Eindruck von Schnauzengröße zu sehen ist. Auch jetzt wirft er sich gierig über das vorgelegte Fleisch her, bringt die Schnauze in die Nähe desselben und scheint dann nicht zu wissen, was er weiter machen soll; ein in den Mund geschobenes Stück Fleisch wird nicht verschluckt, bis man es dem Tier in den Rachen stößt. Die Zunge ist vollkommen frei beweglich, der Mund öffnet sich beim Gähnen ziemlich gut, zum Erfassen des Fleisches aber kann das Maul nicht willkürlich geöffnet werden.

Am darauffolgenden Tage ist der Hund ganz munter, die ataktischen Erscheinungen an den Beinen sind weniger ausgesprochen; der Hund läuft in gewöhnlichem Hundetempo und schwankt nur bei den Biegungen. Das Maul wird willkürlich gut geöffnet. Das Tier wedelt mit dem Schwanze, wirft sich wie früher gierig auf das hingelegte Fleisch, kann es aber nicht fassen und schiebt es mit der Schnauze am Boden hin und her.

Angebunden, verbringt der Hund seine ganze Zeit mit dem unfruchtbaren Hin- und Herschieben des Fleisches. Will ein anderer Hund das Fleisch anrühren, so knurrt das operierte Tier. Flüssige Nahrung kann der Hund nach wie vor von selbst ebenfalls nicht aufnehmen. Was man dem Tier in das Maul legt, bleibt unverschluckt, solange man es ihm nicht in den Rachen schiebt. Eine Flasche Milch wird dem Hund mittels Sonde eingegossen.

Am 6. Tage benimmt sich der Hund freundlich, besonders zu dem Wärter; er antwortet, wenn man ihn anruft; wandert fortwährend im Raume auf und ab, beschnuppert alles, stürzt sich gierig über das vorgelegte Fleisch her. Der Geruch ist erhalten, denn das Tier sucht z. B. in Papier eingewickeltes Fleisch zu befreien, bedient sich dazu aber nur der Schnauze, nicht aber der Beine. Bezüglich des Schluckens die gleichen Erscheinungen wie vorher. — Die Ataxie ist wenig bemerkbar, der Hund erhebt sich mühelos und kann Treppen steigen.

Am 7. Tage kann der Hund die Milch vom Teller auflecken. Er macht hin und wieder auch Greifbewegungen mit den Kiefern, aber anfassen kann er nichts. Von der Hand nimmt er weder Brot, noch Fleisch an; vom Boden leckt er die Krumen mit der Zunge auf. Größere Stücke erfaßt er, hält sie im Munde, läßt sie aber oft fallen, um sie dann wieder aufzunehmen; ganz kleine Stückchen werden, wie es scheint, hintergeschluckt.

Das reflektorische Schlucken geht prompt vor sich, wenn das Brot oder Fleisch in den Rachen geschoben wird, wenn es sich auch um größere Stücke handelt. Die ataktischen Erscheinungen, wie am Tage vorher. Milchfütterung mittels der Sonde.

8. Tag. Wirft sich gierig über das Futter her, ergreift die Fleisch- oder Brotstücke mit den Zähnen, schluckt aber nicht und hält sie lange Zeit im Munde. Liegen mehrere Stücke vor ihm, packt der Hund zunächst das eine und sucht dann, ohne jenes verschluckt zu haben, auch das zweite zu erhaschen, verliert dabei das erste, greift wieder usw. aber schlucken kann er nicht.

Öffnet man dem Hunde gewaltsam das Maul und schiebt ihm ein Stück Fleisch vorn hinein, so bleibt dieses dort liegen, wie in den ersten Tagen, und wird nur verschluckt, wenn man es dem Tier unter die Zungenwurzel schiebt. Krümchen nimmt der Hund vom Boden auf und schluckt sie, auch Milch kann er lecken. Es wird mittels der Sonde Milch eingeführt.

9.—11. Tag. Alle Erscheinungen unverändert, nur werden kleine Stückchen, welche man in den vorderen Teil des Maules schiebt, jetzt verschluckt, wenn auch noch ungeschickt und mühsam.

12. Tag. Der Hund hat angefangen, flüssige und feste Nahrung von selbst zu fressen. Das Schlucken ist nur noch ein wenig erschwert. Blutiger Durchfall.

Am 13. Tage ging der Hund unter Erscheinungen von blutiger Diarrhoe ein.

Die Sektion bestätigte, daß beide Schluckcentra, sowie auch das zwischen ihnen befindliche Rindenfeld an beiden Hemisphären zerstört worden waren: außerdem hatte sich aus einem Teil des Gyrus sigmoideus eine Hernie gebildet.

Es handelte sich also in diesem Fall bei unversehrtem Geruch und vollkommen erhaltenem Appetit und bis zur Gierigkeit gehender Eßlust um eine außerordentlich charakteristische Störung, sich äußernd in dem Unvermögen, das Futter zu fassen, zu kauen und zu schlucken. Dabei war das reflektorische Schlucken durchaus erhalten, da ein weit in den Rachen geschobenes Fleischstück prompt geschluckt wurde. Das Tier zeigte ataktische Störungen der Extremitäten, da der Gyrus sigmoideus ein wenig affiziert war, aber mit motorischer Ataxie hatte jene Schluckstörung schon in ihrem ganzen Verhalten nichts zu tun. Zudem ließ die Extremitätenataxie schon wenige Tage nach dem Eingriffe schnell nach und verschwand zuletzt ganz, während die Schluckstörungen ihre volle Lebhaftigkeit bewahrten.

Ganz zuerst kehrte die Fähigkeit zurück, die Nahrung zu ergreifen. Da der Hund aber nicht kauen konnte, so nahm er das Fleisch zwar in den Mund, wurde aber damit offenbar nicht fertig. Alsbald konnten kleinere Stückchen verschluckt werden, ein Zeichen, daß das Schluckvermögen allmählich sich besserte, wenigstens bis zu einem gewissen Grade. Diese Restitution mochte zum Teil auf einem Eintreten anderer Rindenpartien beruhen, und namentlich auch durch vikariierende Tätigkeit der subkortikalen Gehirnregionen bedingt sein.

Auch ein zweiter Versuch, in welchem die Schluckcentra auf beiden Seiten des Gehirns abgetragen wurden, lieferte sehr charakteristische Störungen der Motilität. Hier aber zeigte das operierte Tier, im Gegensatze zu dem vorigen, eine vollkommene Gleichgültigkeit gegenüber dem vorgelegten Futter und ein ausgesprochenes Fehlen der Freßlust. Ich fasse daher auch für diesen Versuch die Haupterschei-

nungen zusammen, welche man nach der Operation bei dem Versuchstiere beobachtete.

Am Tage nach der Operation sind ataktische Störungen nicht vorvorhanden. Der Hund kehrt sich vom Fleische ab und will es nicht annehmen. Ein in den Mund geschobenes Stück Brot bleibt ungeschluckt und wurde nach 15—20 Minuten aus dem Munde entfernt. Brot- oder Fleischstücke, welche man dem Tier weit in den Rachen schiebt, werden ohne weiteres verschluckt. Das Tier erhält Milch mit der Sonde.

In den nächsten Tagen nahm der Hund ebenfalls Fleisch und Milch nicht an, benahm sich aber zugleich ganz munter, fröhlich und wedelte mit dem Schwanz, wenn man ihn rief. Ataktische Erscheinungen fehlten ganz. Das reflektorische Schlucken .ging prompt von statten, das willkürliche Schlucken aber war aufgehoben und außerdem hatte der Hund anscheinend nicht die geringste Lust zum Fressen.

Man fütterte den Hund dauernd mit Milch, welche durch eine Sonde eingeführt wurde. Er benahm sich beständig munter, lief umher, spielte, hatte aber gar keine Eßlust und ärgerte sich nicht, wenn ein anderer Hund ihm ein Stück Fleisch vor der Nase wegfraß. Der Geruch erschien ein wenig herabgesetzt, aber nicht ganz erloschen. Der Geschmack war anscheinend (Chininprobe) ebenfalls ein wenig geschwächt. Bis zum 10. Tage fehlte das willkürliche Schlucken; das reflektorische Schlucken ging ungestört vor sich. Am 10. Tage nach der Operation fraß der Hund zum ersten Male Milch, mit Brot gemischt vom Teller; man bemerkte nur das ungeschickte Ergreifen und Festhalten der Brotstücke im Munde, die nicht selten herausfielen. Der ganze Freßakt machte den Eindruck des Ungeschickten. Am 13. Tage schluckte und fraß der Hund ohne jede Schwierigkeit, er warf sich aber nicht gierig über das Futter her, wie der vorige Versuchshund, sondern verhielt sich mehr gleichgültig dazu. Die Wundheilung ging unter geringer Eiterung der Hautlappen gut von statten. Späterhin benahm sich der Hund sehr munter, fraß viel, erholte sich zusehends und wurde nach zwei Monaten getötet.

Wie sich bei der Sektion herausstellte, war das den Schluckcentren entprechende Rindenfeld auf beiden Seiten zerstört worden. An anderen Stellen der Gehirnrinde waren Veränderungen nicht zu bemerken. Augenscheinlich handelte es sich in diesem Versuch um ganz analoge Störungen, wie in dem vorigen Fall. Es bestand also die Unfähigkeit, das Futter zu ergreifen, zu kauen und willkürlich zu schlucken, während das reflektorische Schlucken, wenn man die Nahrung genügend weit in den Rachen einführte, vollkommen regelrecht vor sich ging.

Die Besonderheit dieses Falles bestand aber, wie gesagt, darin, daß hier ataktische Störungen der Extremitätenbewegungen vollständig fehlten und daß im Gegensatz zu dem vorhin geschilderten Versuchstiere ein gänzlicher Mangel des Nahrungstriebes bestand, was vielleicht zum Teil mit der erwähnten Herabsetzung der Geschmacksempfindungen zusammenhängen mochte.

δ) *Pathologische Beobachtungen.* — Auch die klinischen Beobachtungen sind geeigneter, unsere Erkenntnisse der Lokalisationsverhältnisse der kortikalen Schluckcentra bis zu einem gewissen Grade zu erweitern.

Man hat zunächst in einzelnen Fällen bei Rindenaffektionen krampfhafte Kontraktionen der Zunge, des weichen Gaumens und der Kiefermuskeln beobachtet. Besonders beachtenswert erscheint nach dieser Richtung hin ein von Bamberger mitgeteilter Fall, wo man im Anschlusse an einen Herd im unteren Abschnitt der linken vorderen Centralwindung beiderseits Facialiskrämpfe, sowie Krämpfe der Zunge, des weichen Gaumens und des Unterkiefers beobachtete.[1])

Ferner berichtete Popov vor nicht sehr langer Zeit über einen Fall von Kieferkrampf, bedingt durch eine Rindenaffektion im Bereiche des alleruntersten Abschnittes der Centralwindungen.

Weitaus zahlreicher sind die Beobachtungen über Rindenherde mit Störungen der Beweglichkeit der Zunge, sowie mit Kau- und Schluckstörungen.

Bekannt ist z. B. ein von Rosenthal beschriebener Fall, wo es sich bei einem bilateralen Herde des unteren Abschnittes der Centralwindungen um isolierte Zungenparalyse handelte.[2])

Was das Centrum für die Kaubewegungen betrifft, welches am Affengehirn sich unmittelbar vor dem Facialiscentrum befindet, so gibt es in dieser Beziehung Beobachtungen, welche mit dem Ergebnis des Tierversuches gut übereinstimmen.

Schon Lépine hat den Satz aufgestellt, daß an der Entstehung der Kaulähmung Faserzüge beteiligt sind, welche aus dem unteren Abschnitt der vorderen Centralwindung hervorgehen.[3])

Als besonders lehrreich erscheint nach dieser Richtung hin ein von Barlow untersuchter Fall mit bilateraler Erweiterung des unteren Abschnittes der vorderen Centralwindung und des hinteren Teiles bezw. des Fußes der ersten und zweiten Stirnwindung.

Volle Beachtung verdient hier eine von Hirt mitgeteilte Beobachtung, deren Schilderung von einer Darstellung der entsprechenden Literatur begleitet wird.[4])

Es handelte sich hier um eine 65jährige Tabetikerin, welche vor 8 Jahren Anfälle von linksseitigem Gesichtsschmerz bekam, woran sich später eine Schwäche der Kaumuskulatur anschloß, welche im Laufe von zwei Jahren allmählich in totale Paralyse dieser Muskeln überging. — Bei der Sektion fand man außer Degeneration der Hinterstränge zwei Erweichungsherde der Rinde. Der eine, von Haselnußgröße, saß im unteren Drittel der vorderen Centralwindung und okkupierte außerdem einen Teil des Fußes der zweiten und dritten Stirnwindung; der zweite Herd, welcher für die Paralyse der Kaumuskulatur wohl von keiner Bedeutung war, fand sich am Orte des Überganges des oberen Scheitelläppchens in dem Hinterhauptlappen. Das Verlängerte Mark war unverändert; Entartungsreaktion oder Atrophie der Kaumuskeln bestand in diesem Falle nicht. Auch von einer peripheren Affektion konnte hier nicht die Rede sein.

Dieser Fall bezeugt auch, daß schon die Zerstörung des linken Centrums allein hinreicht, um eine doppelseitige Parese der Kaumuskulatur hervorzurufen.

Dem entspricht u. a. der Umstand, daß es sich bei Tumoren, welche

---

[1]) Bamberger, Jahrb. d. Wiener Krankenanstalten. 1893. Neurolog. Centralbl. 1895.

[2]) Seeligmüller, Die Krankheiten des Gehirns, S. 354.

[3]) Lépine, Über Paralyse und Rindenaffektionen.

[4]) Hirt, Zur Lokalisation des kortikalen Kaucentrums. Berlin. klin. Wochenschr. 1887, Nr. 27.

zu Trismus führen, nach den von HIRT gesammelten literarischen Angaben, gewöhnlich um Herde der linken Gehirnrinde handelt.

Wir haben vorhin gesehen, daß beim Hunde neben dem Kaucentrum das Schluckcentrum und mehr nach vorne davon auch das Stimmcentrum seinen Platz findet. Dem entsprechend geht aus einer ganzen Reihe klinischer Beobachtungen hervor, daß Herde im Bereiche des allerlateralsten Teiles der Centralwindungen den Symptomenkomplex der sog. Bulbärparalyse erzeugen können, bestehend in Störungen des Kauens, Schluckens und der Stimme, aber ohne Muskelatrophie und ohne Entartungsreaktion.

Solche Fälle sind in neuerer Zeit von einer ganzen Reihe von Beobachtern beschrieben worden (JOFFROY, FÉRÉ[1]), BERGER[2]), LERESCHE[3]), BECKER[4]), ANDERLY[5]), BAMBERGER[6]), HALIPRÉ[7]), BOUCHAUD[8]), WALLENBERG[9]) und vielen Anderen).

In diesen Fällen von sog. kortikaler Pseudobulbärparalyse besteht gewöhnlich Asymmetrie des Gesichts, nicht selten halboffener Mund, Salivation, sowie häufig Störungen der Zungenbewegungen. An den Lippen bemerkt man einen paretischen Zustand, die Kranken können die Lippen nicht aufmachen und nicht pfeifen. Auch die Bewegungen des Unterkiefers sind erschwert; infolge der Parese hängt der Unterkiefer manchmal sogar herab. In einzelnen Fällen beobachtet man außerdem ein schlaffes Herabhängen des weichen Gaumens und eine Abschwächung des Rachenreflexes.

Das Schlucken ist behindert oder auch ganz aufgehoben. Nicht selten ist die Parese der Kaumuskeln so hochgradig, daß die aufgenommene Nahrung ganz ungekaut bleibt und sogar aus dem Munde fällt; zugleich ist das willkürliche Schlucken mehr oder weniger vollkommen gelähmt, weshalb auch der Speichel, da er nicht verschluckt wird, nach außen abfließt.

Zuweilen ist auch der eigentliche Mechanismus des Schluckens in seiner zweiten Phase mehr oder weniger lebhaft alteriert. Der Geschmack ist entweder ungestört oder in geringem Grade herabgesetzt. Nicht selten bestehen zugleich Veränderungen der Stimme, welche schwach, weinerlich und monoton erscheint; auch können dysarthrische Störungen der Sprache auftreten, wenn dieselben auch nicht sehr konstant in diesen Fällen sind.

Vorhanden sein können bei solchen Kranken auch spastische Erscheinungen an den unteren Extremitäten, sodaß die Lokomotionen langsam und trippelnd vor sich gehen.

---

1) FÉRÉ, Revue de médecine, Oct. 1882.

2) BERGER, Paralysis glosso-labio-pharyngea. Bresl. ärztl. Zeitschr. 1884. Neurolog. Centralbl. 1884, S. 250.

3) LERESCHE, Etude sur la paralysie glosso-labiée cérébrale à forme pseudobulbaire. Paris 1890.

4) BECKER, Virchows Archiv, Bd. 74.

5) ANDERLY, Beitrag zur Lehre von der reinen Pseudobulbärparalyse. Berlin. Diss. 1892.

6) BAMBERGER, Jahrb. d. Wiener Krankenanstalten. 1893. Neurolog. Centralbl. 1895.

7) HALIPRÉ, La paralysie pseudobulbaire d'origine cérébrale. Paris 1894.

8) BOUCHAUD, Paralysie labio-glosso-laringée d'origine corticale. Revue de médicine. 1895.

9) WALLENBERG, Neurolog. Centralbl. 1896.

Zum Unterschiede von der rechten Bulbärparalyse, welche auf einer Affektion der Kerne des Verlängerten Marks beruht, bleiben diese Fälle von einer Atrophie der affizierten Muskeln und von fibrillären Zuckungen derselben unbegleitet.

Auch setzt die Erkrankung hier gewöhnlich in akuter Weise ein, oft im Anschluß an einen apoplektischen Insult und unter vorübergehendem Verlust des Bewußtseins.

Es handelt sich in den hier in Rede stehenden Fällen gewöhnlich um Rindenherde, welche im hinteren Abschnitt der Stirnwindungen sitzen, meist unter Beteiligung des unteren Abschnittes der Centralwindungen. Dabei erfaßt der Rindenherd in der Regel die ganze Reihe der Centra, welche für die Bewegungen der Lippen, der Zunge, der Kiefer, des Rachens und des Kehlkopfes bestimmt sind.

Manchmal beobachtet man bei solchen Rindenherden auch mehr isolierte Alterationen der Kau- und Schluckfunktion.

In einem Fall von kortikaler Hemiplegie beobachtete ich vorübergehend Schluckunfähigkeit.

Wenn man der Kranken einen Bissen in den Mund legte, erklärte sie mit Tränen in den Augen, daß sie nicht schlucken kann; der Bissen blieb so lange im Munde stecken, bis man ihn wieder herausholte.

Zwischen diesem Fall und dem Ergebnis des Tierexperimentes nach Zerstörung beider Schluckcentra ist eine bestimmte Analogie nicht zu verkennen, sofern daraus hervorgeht, daß in Fällen kortikaler Affektionen des Menschen ganz analoge Schluckstörungen auftreten können, wie wir sie im Tierversuche hervorrufen.

b) Die Rindencentra des Magens.

Dem Einflusse kortikaler Impulse gehorchen auch die übrigen Abschnitte des Magendarmtraktus. Doch erhalten die Bewegungen der Speiseröhre, welche die sog. dritte Phase des Schluckaktes ausmachen, ihren Anstoß schon von jenen Rindenpunkten aus, welche den komplizierten Mechanismus des ganzen übrigen Schluckaktes in Aktion versetzen, wie dies im Versuche mit dem Ballon im oberen Oesophagusteile ohne weiteres erkennbar wird.

Es bleibt uns hier daher nur übrig, die Wirkungen der Gehirnrinde auf die Bewegungen des Magens, der Därme und der Sphincteren zu verfolgen.

Unsere Kenntnisse von dem Einfluß der Gehirnrinde auf die Bewegungen des Magens und des Darmkanales sind bei weitem nicht lückenlos. Doch verbreiten neuere Ermittelungen immer mehr Licht über das Gebiet dieses schwierigen Gegenstandes.

1. *Literarische Angaben.* — Zunächst bemerkte Bochefontaine im Bereiche der motorischen Zone der Gehirnrinde bestimmte Punkte, deren Reizung Magenkontraktionen bewirkt.

Er nennt im Gebiete des Gyrus sigmoideus drei Stellen, deren Reizung die rhythmischen Kontraktionen der Pars pylorica des Magens verlangsamt bezw. ganz zum Stillstande bringt, nachdem lebhafte peristaltische Kontraktionen dieses Magenabschnittes vorausgegangen sind.

Einer dieser Punkte findet sich nach den Angaben von Bochefontaine im Bereiche des Gyrus sigmoideus zwischen den Außenenden

der Fissura cruciata und der Fissura postcruciata. Ein zweiter Punkt liegt ein wenig nach vorne von dem ersten; ein dritter Punkt findet sich noch weiter nach vorne am vorderen Rande des Gyrus sigmoideus in der Nähe der Fissura praecruciata. Sämtliche drei Punkte sollen fast in einer geraden Linie aufeinander folgen.[1])

Ergänzt wurden BOCHEFONTAINE's Angaben sodann durch HLASKO. Er fand, daß die Reizung der Gehirnrinde in der Gegend des Sulcus cruciatus zu einer Hemmung und zum Stillstand der Cardiabewegungen führt, was mehrere Minuten lang dauern soll.[2])



Fig. 330.
Die kortikalen Magencentra. — *P* Rindenfeld für Pyloruskontraktionen; *F* Rindenfeld für Magenkontraktionen; *v* Cardiafeld.

Schließlich lokalisierte OPENCHOWSKI in der Gegend des Sulcus cruciatus ein Centrum, dessen Reizung eine Eröffnung der Cardia und Kontraktionen des Pylorus bewirkt.[3])

2. *Ergebnisse experimenteller Untersuchungen.* — Bei meinen Untersuchungen über den Einfluß der Gehirnrinde auf die Magenbewegungen[4]), wobei die Bewegungen des Pylorus, der Cardia und des Fundus für sich kymographisch dargestellt wurden, erkannte ich, daß man vom Gyrus sigmoideus und von den angrenzenden Rindenpartien aus verschiedene Wirkungen auf die Bewegungen des Magens erzielen kann.

Man erhält vor allem durch die Reizung des hinteren und zum Teil auch des äußeren (und manchmal sogar auch des vorderen) Abschnittes des Gyrus sigmoideus eine Zunahme des Pylorusrhythmus unter allgemeiner Kontraktion dieses Magenabschnittes (Fig. 330 *P*). Diese Steigerung des Pylorusrhythmus wird nicht selten begleitet von allgemeinen Kontraktionen des Magens, manchmal auch von solchen der Cardia. Nach dem Aussetzen des Reizes wird die Steigerung des Pylorusrhythmus auch in diesen Fällen gewöhnlich von einer Verlangsamung und sogar von einem vorübergehenden Stillstand dieses Rhythmus abgelöst.

Bei einiger Stromverstärkung erzielt man zuweilen die soeben geschilderten Wirkungen nicht nur vom Gyrus sigmoideus aus, sondern

---

[1]) BOCHEFONTAINE, Étude expérim. de l'Influence, exercée par la faradisation de l'écorce grise du cerveau sur quelques fonctions de la vie organique. Arch. de physiologie norm. et pathol. 2 serie, t. 3. 1876.

[2]) B. HLASKO, Beiträge zur Beziehung des Gehirns zum Magen. Dissert. Dorpat 1887.

[3]) OPENCHOWSKY, Über die gesamte Innervation des Magens. Deutsche med. Wochenschr., 1889, 15. Jahrg., Nr. 5. — Über Centren und Leitungsbahnen für die Muskulatur des Magens. Arch. f. Anat. u. Phys., Phys. Abt., 1889.

[4]) W. BECHTEREW u. N. MISLAWSKI, Über die Innervation des Magens Medic. obosrên. 1890, Nr. 2. Neurolog. Centralbl. 1890.

auch von den angrenzenden Bezirken der zweiten Windung. Offenbar handelt es sich hier, wie man annehmen darf, um eine Ausbreitung des Reizes auf den hinteren Abschnitt des Gyrus sigmoideus. Dieses Feld ergibt jene Wirkungen schon bei minimaler Reizung und funktioniert offenbar als Centrum für die Magenbewegungen und für die rhythmische Tätigkeit des Pylorus.

In einzelnen Fällen erhielt ich von dem vorderen-äußeren Abschnitte des Gyrus sigmoideus aus Kontraktionen der Cardia ohne wesentliche Veränderungen des Pylorusrhythmus (Fig. 330 *V*).

Ferner beobachtete ich bei der Reizung des vorderen Teiles des Gyrus sigmoideus bezw. des Gyrus praecruciatus und zum Teile auch bei der Reizung dieser Windungen in der Nachbarschaft des lateralen Endes des Sulcus cruciatus eine mehr oder weniger andauernde Verlangsamung oder auch einen totalen Stillstand der rhythmischen Pyloruscentren unter gleichzeitiger allgemeiner Kontraktion der Magenwände, woraus sich dann, ganz wie bei der Reizung des entsprechenden Centrums des Thalamus, eine konsekutive Steigerung des Pylorusrhythmus anschloß (Fig. 330 *F*).

In diesem Falle handelt es sich offenbar bereits um ein anderes Centrum, für welches man ein Analogon in dem entsprechenden Centrum des Sehhügels findet.

Es gelingt sodann in einzelnen Versuchen von der Rinde des vorderen-äußeren Abschnittes des Gyrus sigmoideus aus eine Hemmungswirkung auf die Cardia unter gleichzeitiger Steigerung der Pylorus- und Magenkontraktionen hervorzurufen. Hin und wieder sah ich bei der Reizung der angegebenen Rindenstelle sogar echte Brechbewegungen auftreten.

Wir können also in der Hirnrinde Erregungs- und Hemmungswirkungen sowohl für die Pars pylorica des Magens, als auch für dessen Pars cardiaca unterscheiden. Die Hemmungswirkung auf den Pylorus wird begleitet von einer allgemeinen Zusammenziehung der Magenwände. Die Hemmungswirkung auf die Cardia geht mit Kontraktionen und gesteigertem Rhythmus der Pars pylorica des Magens nebenher.

Was die Bewegungen des Magenfundus betrifft, so schließen sich dieselben mehr oder weniger sowohl den Kontraktionen des Pylorus, als auch den Kontraktionen der Cardia an. Besondere Centra gibt es für den Fundus in der Gehirnrinde wohl nicht.

Nach allen diesen Befunden stellt sich die Wirkung der Gehirnrinde auf die Magenbewegungen als eine überaus auffallende dar; diese Wirkung ist zugleich eine sehr mannigfaltige.

Die psychische Sphäre wird demnach auf die Tätigkeit des Magens keinen geringen Einfluß ausüben. Auf diese Verhältnisse komme ich noch näher zurück.

c) Die Rindencentra des Darmkanales.

Auffallend spärlich und lückenhaft sind unsere gegenwärtigen Kenntnisse von den näheren Beziehungen der Gehirnrinde zu der Funktion des Darmkanales.

Nichtsdestoweniger ist das Bestehen eines Einflusses der Psyche auf die Darmbewegungen eine allgemein bekannte Tatsache und es

unterliegt kaum einem Zweifel, daß in der Gehirnrinde Gebiete vorkommen, welche auf die Bewegungen des Darmrohres bestimmte Wirkungen ausüben. Man hat aber dieser Frage bisher allzu wenig Beachtung geschenkt.

1. *Literarische Angaben.* — Auch hier stammen von Bochefontaine die ersten, wenn auch noch ganz spärlichen und allgemein gehaltenen Angaben her.

Er hat bei seinen Untersuchungen erkannt, daß man durch die Reizung einiger Punkte der Gehirnrinde (nämlich der Stellen 1, 4, 5, 11 und 17 der Carville-Duret'schen Rindentopographie) peristaltische Bewegungen des Dünn- und Dickdarmes hervorrufen kann.

Von diesen fünf Punkten, von welchen aus Bochefontaine Dünn- und Dickdarmbewegungen erzielte, fallen die ersten beiden mit den Punkten 1 und 2 zusammen, welche Kontraktionen des Pylorus und Stillstand des Pylorusrhythmus bewirken. Der dritte Punkt findet sich nach hinten und außen von dem ersten Gebiete des Gyrus coronalis bezw. des Gyrus suprasylvius anterior. Der vierte Punkt liegt hinter dem ersten auf dem Gyrus endolateralis.[1]) Der fünfte Punkt endlich findet sich noch mehr nach hinten von dem vorigen im Gebiete der gleichen Windung, aber schon in der Nähe des Hinterhauptlappens.

Die Reizung aller dieser Punkte ergab äußerst energische peristaltische und antiperistaltische Darmbewegungen, besonders am Duodenum und Jejunum, sowie im Bereiche des Dickdarmes, innerhalb dessen sich die Kotmassen weiterbewegten.

Diese Bewegungen erstreckten sich zum größten Teil nicht über alle Abschnitte des Darmrohres und hatten auch eine ungleiche Lebhaftigkeit in den verschiedenen Abschnitten des Darmes: bald waren die Kontraktionen stärker im Duodenum, bald im Ileum. Die peristaltischen und antiperistaltischen Bewegungen des Dickdarmes waren manchmal so lebhaft, daß sie zu Vorschiebungen der Contenta führten, ohne übrigens Defäkation zu veranlassen.

Eine graphische Darstellung der Darmbewegungen in diesen Versuchen hat nicht stattgefunden. Man beobachtete vielmehr die Bewegungen der Därme unmittelbar, also mit bloßem Auge nach Eröffnung der Bauchhöhle, weshalb alle diese Versuche nicht als rein und einwandfrei angesehen werden können.

Wer einmal eine Bauchhöhle eröffnete und die lebhafte Peristaltik der Därme beobachtet hat, weiß, wie schwer es dabei fällt, zu sagen, an welchem Abschnitt des Darmrohres die eine oder andere peristaltische Bewegung vor sich geht.

Auf diesem Umstand beruht es, wie mir scheint, auch, daß Bochefontaine antiperistaltische Darmbewegungen vor sich zu haben glaubte, deren Vorkommen unter normalen Lebensbedingungen bekanntlich von der Mehrzahl der Physiologen jetzt bestritten wird.

Selbst Bochefontaine erachtete das Ergebnis seiner Versuche nicht als hinreichend überzeugend, um daraufhin die Existenz besonderer Rindencentra für die Darmbewegungen aufzustellen. Alle Erscheinungen von Seiten der inneren Organe, welche bei der Reizung

---

[1]) Ellenberg u. Baum, Die Anatomie des Hundes. Berlin 1891.

der vorhin bezeichneten Rindenstelle auftraten, bezog er auf rein reflektorische Wirkungen von Seiten der sensiblen Gebiete der Gehirnrinde.

Außerdem haben POL und BEGRÜN in einem Fall nach der Abtragung des Gyrus sigmoideus Rötung des Dünndarmes und Steigerung der Peristaltik beobachtet. Sie lokalisieren daraufhin im Gyrus sigmoideus Hemmungscentra für die Darmtätigkeit.[1])

2. *Ergebnisse experimenteller Untersuchungen.* — So stand es um die Erkenntnis der Wirkungen der Gehirnrinde auf die Bewegungen des Darmrohres, als ich in Verbindung mit MISLAWSKI meine eigenen Untersuchungen über diesen bedeutsamen und äußerst interessanten Gegenstand aufnahm.[2])

Wir benutzten zu diesen Versuchen Hunde, welche kuraresiert wurden. Durch einen Längsschnitt der Bauchwand führte man dann in den Dünn- und Dickdarm je einen Ballon, welcher an eine Kanüle befestigt wurde, deren aus Glas bestehende Enden durch die vernähte Bauchwunde nach außen ragten. So konnten wir die Bewegungen des Darmes in seinen natürlichen Tätigkeitsbedingungen beobachten, was offenbar einen wesentlichen Vorteil gegenüber allen anderen Untersuchungsverfahren bedeutete.



Fig. 331.
Gehirn des Hundes.
Die punktierte Linie umgrenzt ein Rindenfeld, dessen Reizung Darmbewegungen bewirkt.

Aus den in dieser Weise durchgeführten Versuchen wurde das Ergebnis gewonnen, daß die Rindenstelle, deren faradische Reizung Darmbewegungen ergibt, im Bereiche des Gyrus sigmoideus und des diesem von hinten und außen anlagernden Abschnittes der zweiten Primärwindung lokalisiert ist (Fig. 331). Die Irritation der übrigen Teile der Gehirnrinde blieb selbst im Falle der Anwendung stärkerer Ströme wirkungslos.

Nur selten beobachtete ich in vereinzelten Versuchen Bewegungen des Dickdarmes bei der Reizung der Gehirnrinde, allein dies ist eine weitaus nicht konstante Wirkung dieser Reizung.

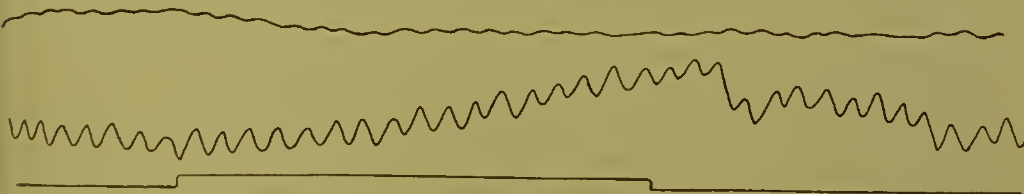


Fig. 332.
Reizung des Gyrus sigmoideus. — Die obere Kurve bezieht sich auf das Colon descendens, die untere auf das Duodenum.

---

[1]) POL u. BEGRÜN, Über Centren der Dünndarm-Innervation. Medizinische Jahrbücher, Jahrg. 1888, Wien, S. 435 - 446.

[2]) W. BECHTEREW u. J. MISLAWSKI, Über centrale und periphere Innervation des Darmes. Verhandl. d. Gesellsch. d. Naturf. u. Ärzte zu Kasan 1890.

Am leichtesten waren lebhafte Darmbewegungen von verschiedenen Punkten des vorderen Abschnittes des Gyrus sigmoideus und namentlich von seinem inneren Teile aus hervorrufbar.

Im allgemeinen waren die Wirkungen, welche die Reizung der Gehirnrinde auf den Darmkanal ausübte, einem großen Wechsel unterworfen. Es überwogen jedoch die gleichzeitigen und ihrem Charakter nach umgekehrten Bewegungen des Dünn- und Dickdarmes (Fig. 332). So z. B. erfolgte bei Kontraktionen des Dünndarmes eine Erschlaffung des Dickdarmes (Fig. 332 u. 333) und umgekehrt kam es bei Konktrationen des Dickdarmes zu einer Erschlaffung des Dünndarmes (Fig. 334).

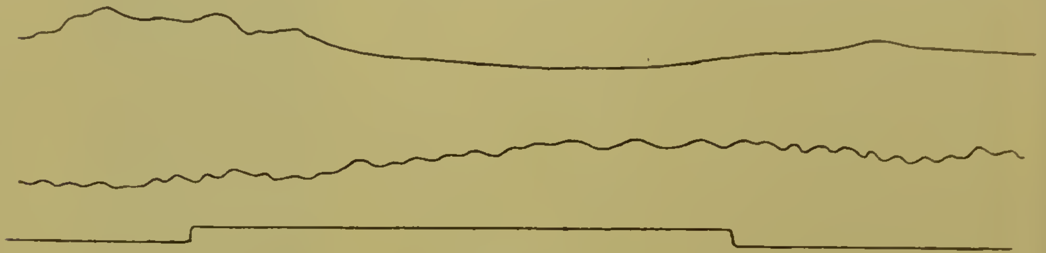


Fig. 333.
Reizung des Gyrus sigmoideus. — Obere Kurve = Dickdarm, untere = Zwölffingerdarm.

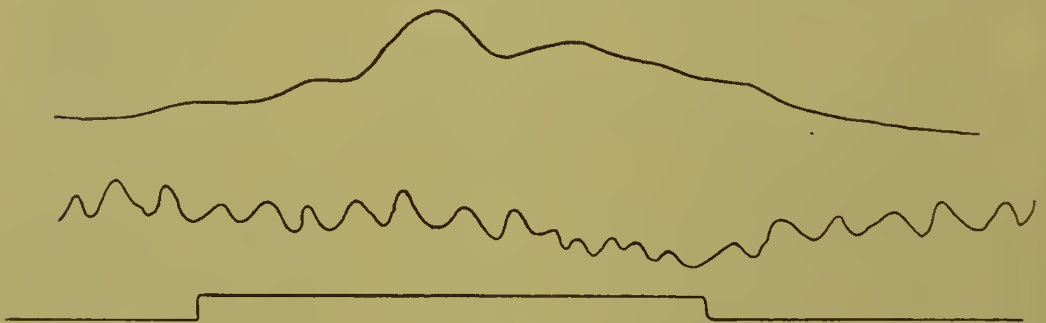


Fig. 334.
Reizung der Gehirnrinde. — Obere Kurve = Dickdarm, untere = Zwölffingerdarm.

Jede dieser Wirkungen auf das Darmrohr kam dabei von Punkten der Gehirnrinde aus zu Stande, welche bei verschiedenen Tieren nicht immer eine topographisch gleiche Lage einnehmen; aber alle diese Punkte konzentrieren sich auf einen beschränkten Raum des Gyrus sigmoideus und des diesem von hinten und außen her anliegenden Teiles der zweiten Primärwindung. Als wirksamtes Rindengebiet für die Dünndarmkontraktionen bei gleichzeitiger Erschlaffung des Dickdarmes, welches bei der Reizung einen mehr oder weniger konstanten Erfolg lieferte, erwies sich der innere Teil des vorderen Abschnittes des Gyrus sigmoideus vor dem Sulcus praecruciatus. Andererseits erzielte ich Kontraktionen des Dickdarmes, begleitet von einer Erschlaffung der Dünndärme, nicht selten ebenfalls von dem vorderen-inneren Teil des Gyrus sigmoideus. In einzelnen Fällen ist die Hemmungswirkung auf die Darmtätigkeit eine äußerst prägnante (Fig. 335 u. 336).

In vollkommenerer Weise wurden die Erscheinungen am Dickdarm bei der Rindenreizung späterhin in meinem Laboratorium von Dr. Osipov verfolgt.[1])

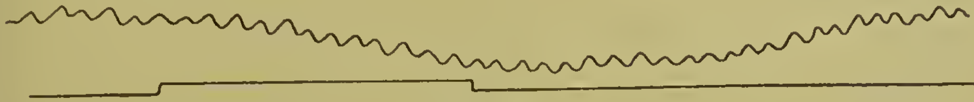


Fig. 335.
Bewegungen des Duodenum bei Reizung des vorderen Teiles der Hemisphärenrinde.

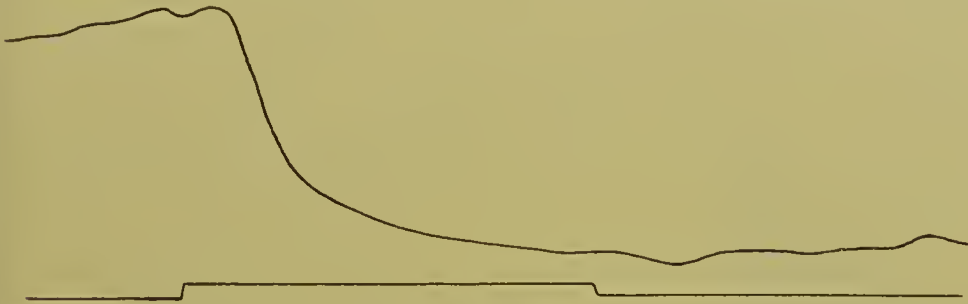


Fig. 336.
Bewegungen des Colon descendens bei Reizung des vorderen Teiles der Hemisphärenrinde.



Fig. 337.
Gehirn d. Hundes. Rechte Hemisphäre.
a Rindenpunkt, dessen Reizung Kontraktionen des Dickdarmes bewirkt; *b* Rindenpunkt, welcher in einem der Versuche ebenfalls Dickdarmkontraktionen ergab.

Zufolge dem Ergebnisse dieser Versuche erzielt man Dickdarmkontraktionen beim Hunde vom vorderen vor dem Sulcus cruciatus befindlichen Abschnitt des Gyrus sigmoideus aus. Man erkannte hierselbst zwei wohl begrenzbare Stellen, von welchen die eine in der Nähe des Innenrandes der Hemisphäre, die andere am Außenende des Sulcus cruciatus bezw. vor demselben sich befindet (Fig. 337).

Übrigens erzielte man Dickdarmkontraktionen bei verschiedenen Tieren durch Reizung eines der beiden Punkte, nicht aber beider zusammen. Dies scheint darauf hinzuweisen, daß bezüglich der Centra der Dickdarmbewegungen, sowie auch bezüglich aller übrigen organischen Funktionen eine recht beträchtliche individuelle Variationsbreite obwaltet. Immerhin erscheint die Lokalisation dieses Centrums trotz aller individuellen Abweichungen auffallend konstant. Sobald man nur im geringsten die Elektroden von dem Punkte, welcher Dickdarmkontraktionen lieferte, dislozierte, bekam man solche Kontraktionen nicht mehr zu Gesicht.

Auf jeden Fall ergibt sich aus diesen Versuchen mit Sicherheit, daß das Dickdarmcentrum im vorderen Abschnitt des Gyrus sigmoideus vor dem Sulcus cruciatus gelegen ist und hier einen beschränkten punktförmigen Raum einnimmt.

---

[1]) Osipov, Über die Rindencentra des Dickdarmes. Obosrên. psihiatr. 1898, S. 193.

Die Wirkung auf den Darm, welche man von der Gehirnrinde aus erhält, ist im allgemeinen meist schwächer, als die Wirkung, welche man mit gleichstarken Strömen von den peripheren Nerven her erzielen kann. In einzelnen Fällen stehen übrigens die von der Rinde aus erzeugten Dickdarmkontraktionen an Lebhaftigkeit nicht den Kontraktionen nach, welche man bei der Reizung der Rückenmarkwurzeln beobachtet.

Zugleich erwies sich die Latenzperiode der Rindenerregung in meinen Versuchen stets beträchtlicher, als bei der Erzeugung von Darmkontraktionen durch Reizung der peripheren Nerven und subkortikalen Ganglien (Thalamus).

Es fällt ferner eine ganz besondere Ermüdbarkeit der Gehirnrinde bezüglich der Darmbewegungen auf. In der Regel erhält man klare Erscheinungen nur im Beginn der Versuche. Reize, die von der Gehirnrinde aus anfangs gekreuzte Darmbewegungen hervorriefen, werden bei mehrfacher Wiederholung im Laufe der Zeit schließlich unwirksam. Darauf mag zum großen Teil die vorhandene Inkonstanz der Darmfelder der Gehirnrinde beruhen.

Es verdient Beachtung, daß es im epileptischen Anfall neben den allgemeinen Krämpfen und den entsprechenden Veränderungen des Herzens und des Gefäßsystems auch zu Kontraktionen des Magens, des Darmes und der Harnblase kommt, wie dies durch Untersuchungen meines Laboratoriums (Dr. Osipov) nachgewiesen wurde.[1]) Es stellte sich bei diesen Untersuchungen zugleich heraus, daß diese Kontraktionen bei der Unterminierung oder vollständigen Abtragung der motorischen Zone der Gehirnrinde während der klonischen Periode sofort unterbrochen wurden, ein sicheres Zeichen dafür, daß der Anreiz zu diesen Kontraktionen von der Gehirnrinde ausging.

d) Das Rindencentrum des Sphincter ani.

1. *Experimentelle Untersuchungsergebnisse.* — Auch die Schließmuskulatur des Afters hat ein eigenes Rindencentrum. Dieses Centrum liegt beim Hunde im äußeren Teil des Gyrus sigmoideus, wie zuerst durch Untersuchungen meines Laboratoriums nachgewiesen wurde.[2])

Bei diesen Untersuchungen wurden die Kontraktionen des Sphincter ani mittels eines in den Anus eingeführten, mit Wasser gefüllten kleinen Gummiballons durch Luft-Wasserübertragung auf einen mit einem Marey'schen Registrierapparat verbundenen Kymographen aufgezeichnet.

Es ergab sich dabei, daß dem Centrum des Sphincter ani ein sehr beschränkter Raum auf der Gehirnrinde zugemessen ist, welcher im äußeren Abschnitt des hinteren Teiles des Gyrus sigmoideus in der Nähe des Außenendes des Sulcus cruciatus einwärts von dem Centrum des Sphincter urethrae sich vorfindet (Fig. 338 *a*).

Weitere Untersuchungen meines Laboratoriums über diesen Gegenstand (Dr. Reimers) haben dargetan, daß man von der angegebenen Rindenstelle aus nicht nur Kontraktionen des Sphincter ani erhält, son-

---

[1]) Osipov, Über die Kontraktionen des Magens, des Darmes und der Blase während des epileptischen Anfalles. Dissert. St. Petersburg 1898.

[2]) J. Meyer, Nevrolog. vêstn. 1893. — Bechterew, Über die Rindencentra des Sphincter ani et vesicae. Neurolog. Centralbl. 1903, S. 81.

dern von dort aus auch hemmend auf diesen Muskel einwirken kann, wenn er sich im Zustande der Kontraktion befindet, und zwar ohne voraufgehende Durchschneidung des Nervus erigens.

Sodann hat Duccescho experimentell dargetan, daß die elektrische Reizung eines bestimmten Teiles der motorischen Zone der Gehirnrinde Kontraktionen des Sphincter ani bewirkt. Wenn man diese Rindenstelle abträgt, so kommt es bei jeder elektrischen oder mechanischen Reizung des Sphincter oder seiner Umgebung zu rhythmischen Kontraktionen dieses Muskels.[1])

Frankl-Hochwart und Fröhlich fanden[2]), daß die Reizung des N. hypogastricus beim Hunde zu einer Erschlaffung des Sphincters führt. Dieser Erfolg konnte auch reflektorisch vom Rückenmark aus erzielt werden.[3]) Auch von der Rinde aus gelang es ihnen, eine Erschlaffung des Sphincter ani herbeizuführen. Diese Wirkung war jedoch nicht absolut konstant; ja in einzelnen Versuchen erhielt man sogar Kontraktionen des Sphincter ani, eine Erscheinung, welche nach der Annahme von Frankl-Hochwart und Fröhlich auf individuellen Variationen des Faserverlaufes in den peripheren Nerven beruhen soll.

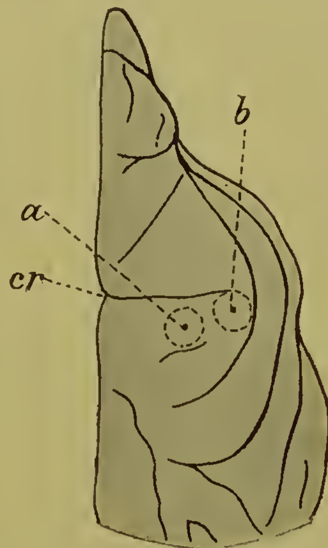


Fig. 338.
Gehirnrinde des Hundes.
a Region des Sphincter ani; *b* Region des Sphincter urethrae.

In diesen Versuchen kam es in zwei Fällen von 16 Versuchen an Hunden und in einem Versuch an einem Affen bei der Rindenreizung zu Kontraktionen des Sphincter recti. Eine Erschlaffung erzielte man in einzelnen Fällen nur nach vorhergehender Durchschneidung des Nervus erigens. Die Kontraktions- und Erschlaffungscentra finden sich an einer und derselben, etwa 1 qcm großen Rindenstelle, welche 9 mm hinter dem Gyrus centralis liegt und nach hinten hin nicht ganz bis an den Gyrus supramarginalis heranreicht.

Wenn man beim Hunde die Nn. erigentes durchschneidet, durch welche der Impuls zur Kontraktion des Sphincter ani übertragen wird, so kann man nach den Angaben von Frankl-Hochwart und Fröhlich statt einer Kontraktion eine Erschlaffung des Sphincter ani erzielen.

Es gibt also in der Gehirnrinde, analog dem Augenbewegungscentrum (Sherrington, Gerver), ein Kontraktions- und ein Erschlaffungscentrum für den Sphincter ani. Beide liegen an einer und derselben Stelle der Gehirnrinde. Unter normalen Verhältnissen überwiegt in der Ruhe das Centrum der Sphincterkontraktion, welches tonisch innerviert ist.

---

[1]) Duccescho, Sullo innervazione centrale della sphincter ani externus. Riv. di patol. nerv. e ment. IV. 6.

[2]) V. Frankl-Hochwart und A. Fröhlich, Über Tonus und Innervation der Sphincteren des Anus. Pflügers Archiv 1901, Bd. 81.

[3]) V. Frankl-Hochwart und A. Fröhlich, Über die kortikale Innervation der Rectalsphincteren. Jahrb. f. Psych. Wien 1902.

e) Die Rindencentra des Magendarmkanales unter pathologischen Verhältnissen.

Im allgemeinen außerordentlich spärlich fließen klinischerseits die Quellen über den Einfluß der Gehirnrinde auf das Bewegungsvermögen des Magendarmkanales. Um so mehr verdient Beachtung eine diesen Gegenstand betreffende Beobachtung, welche unlängst von Sollier und Delagenière mitgeteilt wurde.[1])

Es handelte sich in diesem Falle um einen jungen Mann, welcher mit einer Kelle einen Schlag gegen die linke Scheitelgegend unter Entstehung von Schädelbruch erhielt. Patient wurde bewußtlos und blieb so einige Tage lang; dann wurde er operiert, wobei man unter der verletzten Stelle des Schädels einen großen Abszeß antraf. Nach vollzogener Entfernung der Knochensplitter und des Eiters wurde die erhöht gewesene Temperatur in einigen Tagen wieder normal; auch die übrigen Allgemeinsymptome begannen zurückzugehen; der Patient kam auch bald wieder zum Bewußtsein. Er behielt aber eine rechtsseitige Hemiplegie und gleichzeitig äußerte sich eine hochgradige andauernde Bulimie, welche später in abnorm gesteigerten Appetit überging.

Da die Wunde schließlich vernarbte und Genesung eintrat, so läßt sich in diesem Fall mangels pathologisch-anatomischer Daten eine genaue Lokalisation des Magencentrums nicht angeben, und zwar um so viel weniger, als dieses Centrum im vorliegenden Fall auch nicht vernichtet war. Doch läßt dieser Fall vermuten, daß das Magencentrum einer Reizung seitens des eitrig affizierten Gewebes und der Narbe unterlag, und daraufhin wäre eine Lokalisation dieses Centrums in der Nähe des affizierten Teiles der Gehirnrinde anzunehmen. Sollier sucht dieses Centrum noch genauer zu lokalisieren und zwar auf Grund klinischer Beobachtungen an Hysteriekranken nach der von ihm sog. Schmerzpunktmethode. Wir wollen ihm in diesen Betrachtungen aber nicht folgen, denn in Fragen der Lokalisation der Gehirnfunktionen hat man sich, wie ich meine, zuerst an die pathologisch-anatomischen Methoden zu halten.

Ungeachtet seines hervorragenden Interesses liefert dieser Fall nicht die Möglichkeit einer genaueren Lokalisation der affizierten Rindenstelle, da es sich hier um einen Gehirnabszeß handelt, dessen Dimensionen und genauere Lage unaufgeklärt blieben.

Einen nicht minder lehrreichen analogen Fall hat vor einiger Zeit Perimov beschrieben.[2])

Mädchen von 9 Jahren erhielt am 19. Juli 1901 einen Schlag mit dem Pferdehuf an der rechten Schläfe. Das Kind wurde bewußtlos. Bei der näheren Untersuchung fand man eine Wunde rechts an der Stirn vor, $^1/_2$ cm unterhalb des behaarten Teiles des Kopfes und 2 cm von der Mittellinie entfernt. Im ganzen hatte die Wunde eine Länge von 6 cm und hörte an der Schläfe auf. Die Hautwunde klafft, der Knochen ist unversehrt. Puls 60 in 1', Atmung normal, Bewußtsein getrübt, voller Verlust des Intellekts, Pupillen stark erweitert, ungleichmäßig, reaktionslos. Hautreflexe erhalten, Paralyse der Motilität und Sensibilität nicht vorhanden, es besteht aber eine leichte Rigidität der kontralateralen Extremitäten. Patientin liegt meist auf der linken Seite, ist unsauber. Sie ißt gern und mit Vergnügen, während des Essens hört sie auf zu stöhnen und zu schreien. Tags darauf Puls 80; Patientin ist ruhig, so lange sie ißt.

Zwei Tage darauf, am 22. Juli, bittet Patientin dringend um Essen. Vorher ließ sie nur durch ihr Benehmen merken, daß sie das Gefühl des Hungers plagte, jetzt aber schreit sie immer wieder: „will essen, will fressen".

Sonst verhält sich Patientin teilnahmslos, ist in der Umgebung nicht orientiert, antwortet nicht und wiederholt in einem fort: „will essen, will

---

[1]) P. Sollier et H. Delagenière, Centre cortical des fonctions de l'estomac etc. Revue neur. 1901, Nr. 22, S. 1103.

[2]) A. V. Perimov, Ein Fall von Trauma des Schädels. Nevrolog. vêstn. 1903, Bd. 11, H. 1.

fressen". Sie wird nur ruhig, wenn sie etwas zum Kauen bekommt. Sobald sie nichts mehr im Munde hat, geht das Weinen und Schreien wieder los.

Am 29. Juli wird zur Trepanation des Schädels geschritten. Schon bei der Eröffnung des Lappens wurde die gespannte bläuliche Dura bemerkbar. Nach geschehener Spaltung der Dura stieß man auf zwei Blutkoagula in der Gegend der zweiten Stirnwindung. Die Koagula wurden entfernt. Schon am nächsten Tage wurde Patientin klarer, sie saß im Bett und begann zu sprechen. Das Bewußtsein kehrte immer mehr wieder, Patientin antwortete auf Fragen, erkannte ihre Eltern. Aber das Hungergefühl verließ die Patientin zunächst noch nicht und erst am vierten Tage hörte sie auf, um Essen zu weinen; sie sagte zwar, daß sie sehr hungrig sei, konnte ihren Appetit aber jetzt schon bemeistern. Seit dem 10. Juni quälte sie das Hungergefühl nicht mehr. Die Erinnerung an die Krankheit war erloschen, das Gedächtnis der Patientin hatte gelitten. Noch zwei Monate später, als sie schon ihre volle Urteilskraft wiedergewonnen hatte, war das Gedächtnis noch recht schwach. Selbst nach 1 ¹/₂ Jahren war sie noch nicht vollständig wiederhergestellt.

In diesem Falle befindet sich also das Rindengebiet, von welchem aus es zur Entwicklung der Bulimie kam, weiter nach vorn, als in dem Fall Sollier und Delagenière, nämlich im Bereiche der mittleren Stirnwindung, also im vorderen Teil der motorischen Rindenzone, ein Befund, welcher mit den Ergebnissen des Tierexperimentes viel besser sich in Einklang bringen läßt. Ob der Bulimie eine Störung der Bewegungsfunktion des Magens oder eine abnorm gesteigerte Sekretionstätigkeit der Magendrüsen (s. weiter unten) zu Grunde liegt, bleibt hier natürlich dahingestellt.

Immerhin geht aus der allgemein bekannten Erscheinung des psychischen Erbrechens vollkommen klar hervor, daß in der Hirnrinde des Menschen motorische Magencentra sein müssen. Ich beschrieb Fälle von Zwangserbrechen[1]) als Beweis für die auffallenden Wirkungen psychischer Momente auf das Bewegungsvermögen des Magens.

Besondere klinische Einzelbeläge, die die Rindencentra der Darmbewegungen betreffen, haben wir nicht. Allgemein bekannt aber ist die Bedeutung psychischer Faktoren für die Tätigkeit des Darmkanales, welche namentlich bei Gelegenheit stärkerer depressiver Affekte auffallend zutage tritt. In gewissen Fällen, die ich aus eigener Anschauung gut kenne, kommt es zu intestinalen Zwangskrisen, welche konstant unter ganz bestimmten Verhältnissen (so z. B. beim Verlassen des Hauses, zu Gast usw.) sich einstellen.

Bei neuropathisch Veranlagten äußert sich jede Aufregung sofort an den Verrichtungen des Darmkanales und dies ist unbedingt ein Zeichen dafür, daß auch bei dem Menschen besondere Rindencentra vorhanden sein müssen, welche die Tätigkeit des Darmrohres in mehr oder weniger auffälliger Weise beeinflussen können.

Man kennt endlich eigentümlich psychische Störungen des Defäkationsaktes, welche mit Alterationen der Tätigkeit des Sphincter ani zusammenhängen.[2]) Ich habe diese Zustände wiederholt beobachtet.

Faßt man alle bisherigen Darlegungen kurz zusammen, so wird man sagen können: Der gesamte Nahrungsaufnahme- und Magendarmtraktus befindet sich bezüglich seiner motorischen Verrichtungen unter einem gewissen Einfluß der Gehirnrinde. Die Centra, welche auf die

---

[1]) W. Bechterew, Obosrên. psihiatr. 1900, S. 419.

[2]) Oppenheim, Über den psychischen Ursprung einiger Störungen der Kot- und Harnentleerung. Medic. obosrên. Juni 1910.

verschiedenen Abschnitte dieses Organsystemes einwirken, verteilen sich offenbar über die motorische Zone der Gehirnrinde, und von diesen Centren aus können im Tierexperiment sowohl erregende, als auch hemmende Wirkungen auf die Bewegungen des Darmrohres ausgelöst werden.

3. Die Wirkungen der Gehirnrinde auf die Funktion der Harnableitung.

a) Das Rindencentrum des Detrusor.

1. *Literarische Angaben.* — Bei FERRIER findet man den ersten Hinweis darauf, daß die Reizung bestimmter Stellen der Gehirnrinde zu Kontraktionen der Blase und zur Entleerung des Urins führt.[1])

Einen Einfluß der Gehirnrinde auf die Blasenentleerung hat sodann BOCHEFONTAINE bemerkt.[1]) Er fand an kuraresierten Hunden, daß die Reizung des äußeren Teiles des linken Gyrus sigmoideus vor dem Sulcus cruciatus schon nach Verlauf weniger Sekunden starke Kontraktionen der Blase auslöst, welche zur Entleerung des Blaseninhalts führen. Als in dieser Beziehung wirksamer Bezirk der Gehirnrinde wird von ihm jene Stelle angegeben, wo der Gyrus sigmoideus, sich vor dem Sulcus cruciatus krümmend, nach hinten umzubiegen beginnt, um hier den Sulcus cruciatus zu begrenzen.[2])

Späterhin fügte BOCHEFONTAINE dem Gesagten hinzu, daß im Bereiche der Windung, welche den Sulcus cruciatus umgibt, mindestens vier Rindenstellen vorkommen, deren Reizung Kontraktion der Harnblase erzeugt.[3])

Als BOCHEFONTAINE aber bemerkt hatte, daß mechanische Faktoren, welche die Dura mater treffen, namentlich auch Schnittverletzungen derselben, Kontraktionen der Harnblase hervorrufen, kam er von der Annahme besonderer Rindencentra für die Blase zurück, blieb aber bei der Ansicht, daß die Faradisation der Gehirnrinde eine Reizwirkung auf die Blasennerven ausübt. Wie sich aus seinen hierbezüglichen Versuchen herausstellte, wirken beide Hemisphären in gleicher Weise auf die Blasentätigkeit ein.

FR. FRANCK erzielte durch Reizung der Gehirnrinde im Gebiete der hinteren Centralwindung gleichzeitig Kontraktionen der Harnblase und gewisse Gefäßveränderungen. Er meint aber, daß zwischen diesen beiden Erscheinungen ein näherer Zusammenhang nicht besteht. Aus den Kurven war zu erkennen, daß die Kontraktionen der Harnblase früher einsetzten, als es zu einem Ansteigen des Blutdruckes kam und ebenso hörten auch die Kontraktionen der Harnblase früher auf als die Kontraktion der Gefäße nachließ. Im Falle schwacher Reizung beobachtete FRANCK manchmal Kontraktionen der Harnblase ohne jegliche vasomotorische Reaktion.[4])

---

[1]) D. FERRIER, Experim. researches in cerebral phys. and path. 1873.
[2]) BOCHEFONTAINE, Gaz. Méd. de Paris 1875.
[3]) BOCHEFONTAINE, Etude exper. de l'influence exercée par la faradisation de l'écorce grise etc. Arch. d. physiologie norm. et path. II Serie. 1876, T. III, p. 140.
[4]) FR. FRANCK, Leçons sur les fonctions motrices du cerveau etc. Paris 1887.

2. *Experimentelle Untersuchungsbefunde.* — Diesen Stand hatte die Lehre von den Wirkungen der Gehirnrinde auf die Tätigkeit der Harnblase, als ich s. Z. zu einer Untersuchung dieser Verhältnisse schritt.[1])

Meine diesbezüglichen Untersuchungen beziehen sich auf Hunde und Katzen, die mit Kurare behandelt wurden.

Auf beiden Seiten wurde eine Ureterfistel angelegt und gleichzeitig die Urethra unterbunden. Darauf erzeugte man einen Schnitt im oberen Teil der Harnblase und führte durch die so angelegte Öffnung eine olivenförmige silberne Kanüle ein, an deren Hals die Harnblase mittels einer Ligatur befestigt wurde.

Man verband sodann die Kanüle mit einem Manometer. Die Harnblase, das Verbindungsrohr des Manometers und das Manometer selbst wurden mit physiologischer Kochsalzlösung gefüllt. Das andere Ende des Manometers wurde mit einem Marey'schen Registrierapparat verbunden.

Um einen Einfluß der Darmbewegungen auf die Harnblase zu verhindern, hielten wir die Harnblase außerhalb der Bauchhöhle, umhüllt mit hygroskopischer, in physiologischer Kochsalzlösung getränkter Watte.



Fig 339.
Gehirn des Hundes. — Die Reizung des Feldes *v* bewirkt Kontraktionen der Harnblase.



Fig. 340.
Kurve der Blasenkontraktionen bei Reizung der Gehirnrinde. — *R* Anfang, *E* Ende der Reizung.



Fig. 341.
Kurve der Blasenkontraktionen bei Reizung des Thalamus. — *R* Anfang, *E* Ende der Reizung.

Die Gehirnrinde reizte man in diesem Falle, wie gewöhnlich, mittels eines Du Bois-Reymond'schen Schlittenapparates.

Das Ergebnis dieser Untersuchungen ging dahin, daß das Gebiet der Gehirnrinde, dessen Reizung Kontraktionen der Harnblase bewirkt, sich als ein streng umschriebenes Feld darstellt, welches den inneren Teil des vorderen und hinteren Abschnittes des Gyrus sigmoideus okkupiert (Fig. 339), während die lateral davon befindlichen Teile dieses

---

[1]) W. Bechterew u. N. Mislawski, Die motorischen Centra der Harnblase im Gehirn. Arh. psihiatr. 1888, Bd. 12.

Gyrus, sowie die übrigen dort angrenzenden Rindenpartien bezüglich der Harnblase entweder gar keine oder nur eine ganz minimale Wirkung ergaben.

Die Kontraktionen der Harnblase, welche man bei der Reizung des bezeichneten Rindenfeldes erhält, sind im allgemeinen recht lebhaft, wenngleich die Kurve (Fig. 340) flacher erscheint und eine längere Latenzperiode verrät, als die entsprechende Kurve, welche den Reizungseffekt am Thalamus aufzeigt (Fig. 341).

Obwohl nun die hier benutzten Untersuchungsmethoden keinen Anlaß gaben, an der Richtigkeit des von uns erzielten Resultates Zweifel zu hegen, trat Guépin mit der Behauptung auf, die Gehirnrinde erzeuge Harnblasenkontraktionen nicht auf direktem Wege, sondern nur durch eine Hemmung der Tätigkeit der Sphincteren.[1])

Nun ist aber im Anschlusse an meine und Guépin's Mitteilungen späterhin eine hierbezügliche Untersuchung von Dr. Dragomanov erschienen, deren Ergebnis mit dem meiner Untersuchungen vollkommen übereinkommt.[2])

Er experimentierte an jungen Katzen, beobachtete aber — ein wesentlicher Mangel dieser Untersuchung — mit bloßem Auge, ohne sich der graphischen Methoden zu bedienen. Er hat gleich mir erkannt, daß als am meisten wirksam sich in dieser Beziehung darstellt nicht der äußere Abschnitt des Gyrus sigmoideus, sondern der innere Abschnitt des Gyrus, nämlich der innere Teil seiner vorderen Hälfte, bezw. der Gyrus centralis, von wo aus Faserzüge durch das Marklager zum Thalamus sich begeben, in welcher nach meinen durch Dragomanov gleichfalls als richtig bestätigten Nachweisen sich das subkortikale Harnblasencentrum befindet.

Zu bemerken ist übrigens, daß Dragomanov in einem von drei Versuchen auch vom medialen hinteren Abschnitt des Gyrus sigmoideus aus schwache Harnblasenkontraktionen erhielt und daß umgekehrt oft starke und sogar sehr lebhafte Blasenkontraktionen in dem Falle eintraten, wenn der Sulcus cruciatus gereizt ward, was Dragomanov als gleichbedeutend mit gemeinsamer Reizung des vorderen und hinteren Abschnittes des Gyrus sigmoideus glaubt auffassen zu sollen.[3])

Es unterliegt auf jeden Fall keinem Zweifel, daß das Rindencentrum des Detrusor in der motorischen Zone lokalisiert ist und zwar, entgegen den Angaben von Bochefontaine, im inneren-vorderen Abschnitt dieser Zone.

Diese Wirkung der Gehirnrinde kommt gleichermaßen von der einen, wie von der anderen Hemisphäre aus zu Stande. Sie ist direkt motorischer Natur, denn jeder Gedanke daran, es könnte sich hier um einen indirekten Einfluß der Vasomotoren auf die Harnblase handeln, wird total gegenstandslos nicht nur wegen des Mangels irgend eines Parallelismus zwischen den Harnblasenkurven und den Blutdruckkurven und wegen der Möglichkeit, mittels schwacher Ströme isolierte Kon-

---

[1]) Guépin, Sur l'innervation vésicale. Journ. de la Physiologie 1892. T. 38, S. 322.

[2]) A. Dragomanov, Über den Einfluß des Gehirns auf die Harnentleerung. Dissert. 1896.

[3]) W. Bechterew, Über die Centra der Harnblase. Obosrên. psihiatr. 1896, Nr. 8.

traktionen der Harnblase ohne jede Veränderung des Blutdruckes hervorzurufen, sondern auch im Hinblicke darauf, daß die Harnblasen-Kontraktionen und die vasomotorischen Centra in der Gehirnrinde eine total verschiedene Lage haben.

In recht beachtenswerter Weise hat sich bei Gelegenheit von Untersuchungen meines Laboratoriums (Dr. Osipov) erkennen lassen, daß mit der Ausbildung der epileptischen Krämpfe in dem durch elektrische Rindenreizung erzeugten Anfall konstant auch Harnblasenkontraktionen zu Stande kommen. Die Blasenkontraktionen setzen gleichzeitig mit den tonischen Krämpfen ein und bestehen meist noch längere Zeit nach dem Aufhören der übrigen Krämpfe fort. In der darauffolgenden Phase bemerkte man eine gewisse Erschlaffung der Harnblasenwände.

Es ist natürlich nicht zu leugnen, daß die epileptischen Krämpfe während des Anfalles auch direkt auf die Wände einer gefüllten Harnblase Einfluß üben können. Aber die Tatsache, daß die Blasenkontraktionen fortdauern, nachdem die übrigen Krämpfe des epileptischen Anfalles bereits zum Stillstande gekommen, weist darauf hin, daß es sich in diesem Falle nicht um bloßen mechanischen Druck auf die Harnblasenwände handeln möchte.

Andererseits ist experimentell direkt nachweisbar, daß die Unterminierung der Gehirnrinde während des epileptischen Anfalles die krampfhaften Blasenkontraktionen schnell aufhebt, eine Erscheinung, welche gegen eine Beteiligung der subkortikalen Ganglien an der Entstehung dieser Blasenkontraktionen spricht.

b) Das Rindencentrum des Sphincter urethrae.

Im bisherigen handelte es sich um Kontraktionen der allgemeinen Blasenwände bezw. um die Tätigkeit des eigentlichen Detrusor. Diese werden jedoch gewöhnlich begleitet von einer Erschlaffung des M. sphincter urethrae, welche den Eintritt des Harnblaseninhaltes in den Kanal der Urethra ermöglicht. Dem Sphincter urethrae kommt in der Gehirnrinde auch ein eigenes Centrum zu, von welchem seine Kontraktionen und seine Erschlaffung abhängen.

1. *Literarische Angaben.* — Schon Fr. Franck erzielte durch Rindenreizung isolierte Kontraktionen des Sphincter urethrae und des Detrusor und sogar eine isolierte Erschlaffung derselben. Es handelte sich dabei, wie er betont, um eine echte Erschlaffung des Sphincter urethrae, nicht aber um eine Forcierung desselben durch starke Erhöhung des intravesikalen Druckes. Warum die Rindenreizung in einem Fall Kontraktionen, in einem anderen Fall eine Erschlaffung des Sphincter urethrae ergibt, entscheidet Franck nicht.[1])

So wurde bewiesen, daß die Erschlaffung des Sphincter urethrae offenbar auch beim gewöhnlichen Urinieren beteiligt ist.

2. *Experimentelle Befunde.* — Eingehend untersucht wurde darauf das Centrum des Sphincter urethrae in meinem Laboratorium (Dr. Meyer) mittels Registrierung der Harnblasenbewegungen durch ein in den Anfang der Urethra eingeführtes kleines Stück Fischblase. Wie sich aus diesen Untersuchungen ergab, erhält man Kontraktionen des Sphincter

[1]) Fr. Franck, Leçons sur les fonctions motrices du cerveau. Paris 1887.

urethrae durch Reizung des lateralen-hinteren Teiles des Gyrus sigmoideus des Hundes dicht hinter dem Lateralende des Sulcus cruciatus.[1])

Weitere Untersuchungen meines Laboratoriums (Dr. REIMERS) haben dann dargetan, daß man von der Gehirnrinde aus auch Hemmungswirkungen auf den Sphincter urethrae ausüben kann und zwar annähernd von derselben Rindenstelle aus, welche Kontraktionen des Detrusor ergeben.

Seit den Versuchen von ZEISSL ist bekannt, daß auch die periphere Reizung des N. erigens zu einer Eröffnung des Sphincter urethrae ohne gleichzeitiges Nachlassen des Druckes in der Harnblase führt.[2])

REHFISCH hat das Vorhandensein von Hemmungsfasern für den Sphincter urethrae im N. erigens, sowie von Hemmungsfasern für den Detrusor im N. hypogastricus zwar in Abrede gestellt.[3])

Doch ergab sich eine Bestätigung der Ergebnisse von ZEISSL sowohl in den toxikologischen Untersuchungen von HAUG, als auch in dem von FRANKL-HOCHWART und ZUCKERKANDL erbrachten Nachweis verschiedener pathologischer Störungen der Blasenentleerung.

In neuester Zeit haben v. FRANKL-HOCHWART und FRÖHLICH festzustellen versucht, ob die Blasenentleerung auf einem Vorgang beruht, welcher vom Gehirn ausgehend zu einer Erschlaffung des Sphincter urethrae oder zu Kontraktionen des Detrusor führt, oder ob dabei beides zugleich stattfindet.[4]) Es lag ihnen gleichzeitig an einer Nachprüfung der Angaben von ZEISSL über das unmittelbare Auftreten einer Sphinctererschlaffung bei der Reizung.

Um dies zu entscheiden, gibt es zwei Wege: entweder man eröffnet die Harnblase durch einen Schnitt, wie dies ZEISSL tat, oder man führt in die Harnblase ein breites Abflußrohr ein, welches die Harnblase mit einem mit Wasser gefüllten Glasgefäß verbindet.

Trotzdem der Sphincter urethrae im letzteren Falle nur einem verschwindenden Druck unterliegt, öffnet er sich bei der Reizung des N. erigens, wie schon ZEISSL dartat und FRANKL und FRÖHLICH bestätigt haben.

Letztere Beide erkannten übrigens, daß der Effekt der Erigensreizung nicht absolut konstant ist. Im Gegenteil, bei der Anfüllung der Harnblase mit Flüssigkeit erzielte man vom N. erigens aus nicht eine Erschlaffung, sondern eine Zusammenziehung des Sphincter urethrae, ganz wie bei der Reizung des N. hypogastricus.

Dies ist offenbar ein Beweis dafür, daß in diesen Nerven sowohl Hemmungsfasern als auch Erregungsfasern verlaufen.

Zum Zwecke der Untersuchung der kortikalen Hemmungswirkungen auf den Sphincter urethrae durchschnitten FRANKL-HOCHWART und FRÖHLICH vor oder während des Versuches beide Nn. hypogastrica und Nn. pudendi. Dabei erhielten sie in 8 von 21 Versuchen

---

[1]) MEYER, Nevrolog. vêstn. 1893, Bd. 1, H. 1.

[2]) ZEISSL, Über die Innervation der Blase und der männlichen Harnröhre. Wien. med. Wochenschr. 1901, Nr. 25—14. — Über die Innervation der Blase usw. Wien. klin. Wochenschr. 1901, Bd. 27, H. 5. — Weitere Untersuchungen usw. Pflügers Archiv Bd. 89.

[3]) REHFISCH, Über die Innervation der Harnblase. Pflügers Archiv Bd. 161, S. 529.

[4]) FRANKL-HOCHWART u. A. FRÖHLICH, Über die kortikale Innervation der Harnblase. Neurolog. Centralbl. 1904, Nr. 14.

von den aktiven Rindenstellen aus eine Erschlaffung des Sphincter urethrae nach Ablauf einer 7 Sekunden langen Latenzzeit.

Die in dieser Beziehung wirksame Stelle der Gehirnrinde hat kaum mehr als wenige Millimeter Durchmesser und besitzt auf beiden Seiten eine symmetrische Lage. Diese Stelle entspricht ihrer Lage nach ganz und gar dem Sphincterapparat des Anus. Sie findet sich 1 cm nach hinten vom Sulcus cruciatus und mehrere Millimeter bis zu 1 cm vom Rande der Hemisphäre entfernt. Die Stellen für die Kontraktionen des Detrusor und diejenigen für die Erschlaffung und Zusammenziehung des Sphincter urethrae überdecken einander und auch beim Hunde ist eine getrennte Lokalisation dieser Funktionen nicht zu ermitteln. — Beachtenswert ist die große Ermüdbarkeit der Gehirnrinde im Punkte der Blasenkontraktionen.

Ebenso leicht gelingt auch der sog. Rücklaufversuch von Zeissl, wobei es sich um Einführung von Flüssigkeit von der Urethra aus in die Blase handelt. Eine gewisse Inkonstanz des Befundes beziehen Frankl-Hochwart und Fröhlich auf individuelle Variationen des Faserverlaufes im peripheren Nervenapparat.

c) Psychische Beeinflussung der menschlichen Harnblase.

Bezüglich des Einflusses der Gehirnrinde auf die Blasentätigkeit beim Menschen sind vor allem beachtenswert die Ermittelung von Mosso und Pellacani, welche auf Grund spezieller Beobachtungen am Menschen unter Einführung eines weiblichen Katheters in die Harnblase und graphische Registierung der Harnblasenkontraktionen zu dem Nachweis gelangt sind, daß psychische Faktoren unzweifelhaft auf die Blasenentleerung Einfluß üben.

Nach ihren Befunden führt die Reizung eines beliebigen sensiblen Nerven zu reflektorischem Harnlassen. Von der Existenz eines Antagonismus zwischen dem Sphincter urogenitalis und dem Detrusor vesicae konnten sie sich nicht überzeugen.[1])

Le Gross Clark hat sich sodann auf Grundlage klinischer Beobachtungen in dem Sinne geäußert, daß der Wille direkt auf die Kontraktionen der Harnblasenwände Einfluß übt.

Ferner gelangte Born nach klinischen Erfahrungen und Beobachtungen an sich selbst zu der Vorstellung, daß der Detrusor vesicae unter dem Einflusse willkürlicher Impulse erschlaffen und sich zusammenziehen kann. Die Hemmung der Blasenentleerung soll unter pathologischen Verhältnissen in der Regel beruhen auf einer Insuffizienz der willkürlichen Kontraktionen, nicht aber auf Sphincterspasmen. Spezifische Hemmungswirkungen für die Harnblase nimmt Born nicht an. Nach seiner Meinung gibt der Sphincter internus der Harnblase schließlich dem Drucke des Harns ebenso nach, wie auch der Sphincter ani dem Drucke der Fäkalmassen weicht.[2])

---

[1]) Mosso et Pellacani, Sur le fonction de la vessie. Chapitre V. L'influence du cerveau et de la moelle épinière sur les fonctions de la vessie. Arch. italien. de Biol. T. I, fasc. I et II. 1882.

[2]) Born, Zur Kritik über den gegenwärtigen Stand der Frage von den Blasenfunktionen. Deutsche Zeitschr. f. Chirurgie 1886, Bd. 25, S. 118.

Auch Genouville schreibt dem Willen einen direkten Einfluß auf die Blasentätigkeit zu.[1])

d) Pathologische Zustände der kortikalen Blaseninnervation.

Man kennt auch aus dem Bereiche der menschlichen Pathologie Fälle, wo vorhandene Störungen der Harnblasentätigkeit in Abhängigkeit von Affektionen der Gehirnrinde zu bringen sind. Von klinischen Beobachtungen, welche die Existenz eines Einflusses der Gehirnrinde auf die Harnblasentätigkeit wahrscheinlich zu machen geeignet sind, nenne ich hier die Fälle von Troje, Jastrowitz, v. Frankl-Hochwart und O. Zuckerkandl, Erb, Pineles, Czyhlarz[2]) und Marburg und Friedmann.[3])

Recht instruktiv erscheinen in dieser Beziehung namentlich die Beobachtungen von Czyhlarz und Marburg, wo eine 14 Tage dauernde Harnverhaltung bestand, worauf der Harn wieder willkürlich gelassen werden konnte, als man aus Anlaß einer durch ein altes Trauma bewirkten Jackson'schen Epilepsie die motorische Rindenzone operativ angriff.[4])

Volle Beachtung verdient der von Jastrowitz erzählte Fall, wo im Laufe von drei Tagen totale Harnverhaltung und hartnäckige Obstipation bei voller Erhaltung des Bewußtseins bestand. Bei der Sektion fand man ein Gliosarkom, welches im hinteren Abschnitt der ersten und zweiten Stirnwindung und in der vorderen Centralwindung saß.[5])

In dem von Frankl-Hochwart und Zuckerkandl untersuchten Fall bestanden Klagen über erschwertes Urinieren bei Vorhandensein von tuberkulöser Meningitis.[6])

Nicht ohne Bedeutung erscheinen hier auch die Beobachtungen von Troje[7]) und Pineles.[8])

In anderen Fällen verläuft die Gehirnerkrankung unter Erscheinungen von Incontinentia urinae et alvi, trotz voller Erhaltung des Bewußtseins. So war es z. B. in dem von Stein berichteten Fall, wo eine Destruktion des ganzen hinteren Drittels der rechten Hemisphäre vorlag.

Im Hinblick auf alle diese Fälle kommen Czyhlarz und Marburg zu dem Schluß, daß das Rindenfeld für die Harnblase in der

---

[1]) Genouville, Du rôle de la contractilité vésicale dans la miction normale. Arch. de la physiol. 1894.

[2]) V. Czyhlarz und Marburg, Über cerebrale Blasenstörungen. Jahrb. f. Psych. 1901.

[3]) Friedmann, Zur Kenntnis der cerebralen Blasenstörungen. Münd. med. Wochenschr. 1903, Nr. 37.

[4]) Czyhlarz und O. Marburg, Über cerebrale Blasenstörungen. Jahrb. f. Psych. u. Neur. 1901.

[5]) Jastrowitz, Beiträge zur Lehre von der Lokalisation im Gehirn usw. Verh. d. Vereins f. inn. Medizin in Berlin. Leipzig. Thieme 1888. Zit. nach Czyhlarz und Marburg, a. a. O.

[6]) Frankl-Hochwart und Zuckerkandl, Die nervösen Erkrankungen der Blase. Nothnagels spez. Path. u. Ther., Bd. 19, T. 2, H. 1.

[7]) Troje, Chirurgische Beiträge z. Lokalisation der Großhirnrinde. Deutsche med. Wochenschr. 1894, Bd. 20.

[8]) Pineles, Wien. med. Presse 1898, Nr. 45.

motorischen Zone zu suchen ist, und zwar an der Stelle, wo das Armcentrum in das Beincentrum übergeht, und annähernd in der Gegend, wo nach dem OBERSTEINER'schen Schema das Hüftcentrum lokalisiert sein muß.

In klinischer Beziehung äußert sich diese Störung in der Unfähigkeit zum willkürlichen Urinlassen, also in Harnverhaltung, welche im Falle unilateraler Affektion vorübergehend zu sein pflegt.

Einen Fall, welcher für die kortikale Lokalisation der Harnblasenfunktionen Bedeutung hat, teilt GOLDMANN mit.

Es handelt sich hier um eine 41jährige Frau, welche mit dem Kopf an eine Eisenstange stieß und seitdem an starken Schmerzen in der linken Kopfhälfte litt. Später folgten Schwindelanfälle, Schlaflosigkeit und unzusammenhängende Rede; Bewußtlosigkeit und Lähmungen waren nicht vorhanden. Erstaunlich erschwert war dabei das Urinieren trotz starkem Harndrang.

Unter dem linken Scheitelbein 5 cm über dem Ohr fand sich eine elastische, druckempfindliche, nicht pulsierende Verdickung, welche im Liegen verschwand, aber im Stehen Daumengröße erreichte. Wie sich bei der Operation herausstellte, handelte es sich um eine durch das erlittene Trauma hervorgerufene tuberkulöse Knochenerkrankung. Der Abszeß kommunizierte mit einem epiduralen Herde. Letzterer lag über den unteren zwei Dritteln der hinteren Centralwindung, zum Teil auch über dem oberen und unteren Scheitelläppchen und über der oberen Schläfenwindung und übte einen Druck auf die Gehirnoberfläche aus.

Endlich schilderte neuerdings FRIEDEMANN einen bemerkenswerten Fall von Schädeltrauma bei einem 9jährigen Kinde, wo die Affektion der Grenze des oberen Drittels der hinteren Centralwindung entsprechen mußte.

Von Herdsymptomen fand man außer dem anfangs vorhanden gewesenen tonischen Krampf des rechten Armes und einer gewissen Erschwerung des Schreibens Ercheinungen von Harnverhaltung, welche mit der Zeit in nächtliche Inkontinenz übergingen.[1])

Dieser Fall spricht, wie FRIEDEMANN annimmt, in Übereinstimmung mit den Befunden von CZYHLARZ und MARBURG für eine Lokalisation des Centrums der willkürlichen Harnentleerung in der Nähe des Armcentrums.

Diese Angabe verdient unzweifelhaft eine gewisse Beachtung. Aber um die genauere Lokalisation des Rindencentrums der Harnblase beim Menschen zu ermitteln, dazu eignen sich am besten Fälle mit umschriebenen Rindenfunktionen. Solche Fälle liefert uns aber die Literatur vorläufig noch nicht. Doch sprechen alle vorhandenen klinischen Befunde dafür, daß auch bei dem Menschen in der Gehirnrinde analoge Centra für die Harnblasentätigkeit vorliegen, wie sie im Tierexperiment dort nachweisbar sind.

---

[1]) GOLDMANN, Beiträge zur Hirnchirurgie 1904, Bd. 42, S. 187.

[2]) FRIEDEMANN, Zur Kenntnis der cerebralen Blasenlähmungen usw. Münch. med. Wochenschr. 1903, Nr. 37, S. 1591.

4. Die Wirkungen der Gehirnrinde auf das Herz und auf das Gefäßsystem.

Daß psychische Momente auf die Tätigkeit des Herzens und des Gefäßsystems Einfluß üben, ist eine so augenscheinliche und allgemein bekannte Tatsache, daß man meinen sollte, wir hätten hier eines der bestbearbeiteten Gebiete physiologischer Forschung vor uns. Und doch ist dies nicht so. Man hat sich mit den Beziehungen der Gehirnrinde zu der Tätigkeit des Herzens und Gefäßsystems später zu befassen angefangen, als mit der Ermittelung der übrigen motorischen Funktionen der Gehirnrinde. Die das Gefäßsystem im ganzen betreffenden Fragen blieben bis auf den heutigen Tag in vielen Beziehungen unangegriffen oder ungelöst, wenn es auch längst bekannt ist, wie sehr die Tätigkeit der Körpermuskulatur mit den Verhältnissen der Blutzirkulation und speziell auch mit dem Gefäßdrucke zusammenhängt. Es ist ja beispielsweise direkt nachgewiesen, daß die Strychninvergiftung nicht kuraresierter Tiere zu einem lebhafteren Ansteigen des Blutdruckes führt, als bei Tieren, welche nicht mit Kurare behandelt wurden.

a) Literarische Angaben.

Die ersten Notizen, welche den Einfluß des Großhirns auf die Tätigkeit des Herzens und des Gefäßsystems betreffen, findet man bei Danilevski.[1]) Indem er den Blutdruck in der Carotis und Cruralis kuraresierter Hunde bei Einleitung künstlicher Atmung bestimmte, fand er, daß die Reizung der Gehirnrinde über der Fossa Sylvii entsprechend dem Facialisfelde, sowie im Bereiche eines Teiles des Gyrus postfrontalis hochgradige Veränderungen der Herztätigkeit und des Zustandes des Gefäßsystems hervorruft. Die Wirkung der Reizung, welche nur langsam und allmählich ihr Maximum erreichte, äußerte sich in einem Ansteigen des Seitendruckes und in einer geringen Frequenzzunahme der Herzkontraktionen, welche in der Phase maximal gesteigerten Seitendruckes in Verlangsamung der Herztätigkeit übergeht. Im allgemeinen hängt diese Wirkung direkt ab von der Stärke und Dauer der Reizung und kann 6—12 Sekunden anhalten, wobei der Blutdruck manchmal von 150 mm auf 240 mm Quecksilber steigt.

An das primäre Ansteigen des Blutdruckes schließt sich manchmal noch eine mehr oder weniger beträchtliche sekundäre Elevation des Blutdruckes an.

Bei stärkerer Reizung erzielte Kovalevski auch vom Ammonshorne aus Veränderungen der Herz- und Gefäßtätigkeit. Die Durchschneidung des Gyrus sigmoideus über dem Verlängerten Mark verändert jedoch den Blutdruck nicht, woraus Kovalevski schließt, daß den Hemisphären des Großhirns nicht eine tonische Wirkung auf das vasomotorische Centrum des Verlängerten Markes zukommt.

Auch reflektorisch erzielte Kovalevski von Ischiadicus und Tibialis aus nach vollzogener Durchschneidung des Gyrus sigmoideus über dem Verlängerten Mark Wirkungen auf das Herz und auf das Gefäß. Doch

---

[1]) V. Danilevski, Untersuchungen zur Physiologie des Gehirns. 1874.

bedarf es zum Zustandekommen dieses Reflexes gewöhnlich stärkerer Reize als in dem Falle, wenn das Verlängerte Mark noch mit dem übrigen Gehirn zusammenhängt. Daraus geht hervor, daß die über dem Verlängerten Mark befindlichen Gehirnpartien für die Ausbildung der Herz- und Gefäßreflexe nicht bedeutungslos sind, wenn es auch nicht zu entscheiden ist, welche Rolle in dieser Beziehung der Gehirnrinde und welche den subkortikalen Ganglien zufällt.

Diese Untersuchungen haben unter anderem dargetan, daß die vasomotorischen Folgeerscheinungen der Reizung des Centralsystems gewöhnlich von Herzveränderungen begleitet werden. Auch die peripher bedingten Reflexe bringen gleichzeitig das Vaguscentrum, sowie das vasomotorische Centrum zur Erregung.

Doch kommen alle Wirkungen des Gyrus sigmoideus auf das Herz, sowie z. T. auch seine Wirkungen auf den Blutdruck nur im Falle der Unversehrtheit der Vagi zu Stande. Es bedarf hierzu einer außerordentlich starken Reizung der Gehirnrinde, welche nach der Ansicht Kovalevski's in diesen Fällen höchstwahrscheinlich direkt und zwar durch Stromschleifen den Gehirnschenkeln übermittelt wird.

Die Untersuchungsbefunde von Lepine und Bochefontaine haben dargetan, daß die Reizung des Gyrus postfrontalis ein hochgradiges Ansteigen des Blutdruckes bewirkt. Das Verhalten der Gehirnrinde zu der Speichelsekretion untersuchend, fanden Lepine und Bochefontaine, daß zwischen dem vasomotorischen und dem speichelsekretorischen Affekt eine strenge Übereinstimmung in topographischer Beziehung nicht existiert, worauf wir an einer späteren Stelle noch zurückgreifen.[1])

Nach den Ermittelungen von Bacchi und Bochefontaine ergibt die Reizung des Gyrus sigmoideus vor dem Sulcus cruciatus beim Hunde eine hochgradige Gefäßverengerung der Papilla nervi optici auf beiden Seiten. Da die gleiche Wirkung aber auch bei der Reizung des Lobus olfactorius eintrat, so konnte jene Rindenwirkung möglicherweise durch Stromausbreitung auf den Riechlappen bedingt sein.[2])

Bochefontaine denkt an einen direkten und gekreuzten Einfluß der Rindenreizung auf den Gefäßapparat. Er überzeugte sich, daß der Gefäßdruck dabei steigen und sinken kann. Auch die Pulsfrequenz kann bei der Reizung der Gehirnrinde zu- und abnehmen. Diese ungleichen Reizerscheinungen erklärt Bochefontaine dadurch, daß in manchen Fällen die Erregung von Seiten der Rinde durch die Anfangsteile der Vagi, in anderen Fällen durch die Bahn des Sympathicus zur Wirkung gelangen soll. Wenn man, wie Bochefontaine dies tut, beim Hunde das oberste sympathische Halsganglion durchschneidet und dabei den Vagus unversehrt läßt, so können auf der Oberfläche noch Punkte ausfindig gemacht werden, deren Reizung den Blutdruck in die Höhe treibt. Wenn man dagegen beide Vagi auf der Strecke zwischen Schädelbasis und dem oberen sympathischen Halsganglion durchschneidet, dann ergibt die Reizung der nämlichen Punkte ein Fallen des Blutdruckes und eine Abnahme der Pulsfrequenz. Bochefontaine vergleicht diese Erscheinungen mit den Wirkungen, welche man bei der Reizung des N. depressor beim Kaninchen erhält.[3])

---

[1]) Lepine et Bochefontaine, Gaz. méd. de Paris, 1857, Nr. 2.
[2]) Bacchi et Bochefontaine, Gaz. méd. 1875, Nr. 51.
[3]) Bochefontaine, Gaz. méd. 1875, Nr. 51.

Schiff hat gefunden, daß die hinter dem Lobus olfactorius befindlichen Rindenpartien im Falle ihrer Reizung eine Beschleunigung der Herztätigkeit ergeben. Dieser Erfolg wird nicht einmal durch die totale Narkose des Versuchstieres aufgehoben. Die in diesem Falle zu Stande kommende Beschleunigung der Herztätigkeit hängt, wie Schiff erschließt, nicht von der Erhöhung des Blutdruckes ab und ist auch nicht reflektorischen Ursprunges, sondern wird durch Reizung der Wurzeln des N. accessorius und des N. laryngeus superior bedingt.[1]) — Schiff's vorgefaßte Meinung, daß ein direkter Einfluß der Gehirnrinde auf das Herz und auf das Gefäß nicht bestehen soll, spricht sich deutlich genug in diesem Satze aus.

Brown-Séquard beobachtete bei der Reizung der Gehirnrinde mit dem Glüheisen einen unvollständigen Lidschluß auf der Reizseite, Verengerung der Pupille und Injektion der Conjunctiva des gleichen Auges. Außerdem fand man am Ohr, an der Schnauze und an den Nasenlöchern der Reizseite Erscheinungen, welche auf eine bestehende Paralyse des Halssympathicus deuteten. Die gleichen Erscheinungen erhält man nach der Angabe Brown-Séquard's auch im Falle mechanischer Reizung, sowie bei der Reizung der Dura und Pia mater und selbst bei Wundverletzungen der Kopfhaut und des Pericranium. Die erwähnte Paralyse führt Brown-Séquard auf eine Rindenreizung zurück.

Das Gehirn wirkt nach Brown-Séquard's Ansicht überhaupt auf allen Gebieten, selbst auf dem Gebiete der Motilität, im Sinne eines Hemmungsapparates gegenüber den tieferliegenden Centren[2]), ein Satz, der im wesentlichen unrichtig ist.

Balogh bestimmte mittels Stromreiz mehrere (bis zu 7) Punkte, deren Reizung die Herztätigkeit beschleunigt, die Reizung eines dieser Punkte an der Übergangsstelle der Fissura lateralis in die Fissura coronalis ergab jedoch Verlangsamung der Herztätigkeit. Eine Verlangsamung der Herztätigkeit beobachtete er aber auch bei der Reizung des Ammonshornes.

Bei dem Kaninchen fand Balogh vier Punkte heraus, deren Reizung die Herztätigkeit beschleunigt und einen Punkt, welcher sie verlangsamt. Die Abtragung der Gehirnhemisphären führte beim Hunde nach Balogh's Beobachtungen zu einer Verlangsamung der Herztätigkeit, während er beim Kaninchen nach dem gleichen Eingriffe eine Beschleunigung der Herztätigkeit auftreten sah.[3])

Nach den Angaben von Danilevski[4]), Bochefontaine, Eckhard[5]), mir und Mislavski[6]), Fr. Franck[7]) u. A. bewirkt die Wirkung der Gehirnrinde im Tierexperiment Veränderungen der Herztätigkeit. Conti

---

[1]) Schiff, Untersuchungen über die motorischen Funktionen des Großhirns. Arch. f. exper. Pathol. 1875, Bd. 3.

[2]) Brown-Séquard, Arch. de Phys. 1875.

[3]) Balogh, Untersuchungen über die motorischen Funktionen des Großhirns. Arch. f. exper. Path. 1875, Bd. 3. — Untersuchungen über den Einfluß der Großhirnhemisphären und des kleinen Hirns usw. Centralbl. f. Physiologie, 1876.

[4]) Danilevski, Pflügers Arch. 1875.

[5]) Eckhard, Beitr. z. Anat. u. Phys. 1868.

[6]) Bechterew u. Mislawski, Neurol. Centralbl. 1886.

[7]) Fr. Franck, Leçons sur les fonctions motrices du cerveau, Paris 1887.

konstatierte gleichfalls Veränderungen des Gefäßdruckes und der Herztätigkeit bei Reizungen.

Nach BOCHEFONTAINE's Befunden an kuraresierten Hunden erzeugt die Reizung des Gyrus sigmoideus vor dem Sulcus cruciatus selbst bei der Anwendung relativ schwacher Ströme ein allmähliches Ansteigen des Blutdruckes mit Pulsverlangsamung von 192 auf 144 in der Minute. Dieser Verlangsamung geht aber eine Beschleunigung der Herztätigkeit voraus. Gewöhnlich wird die Herztätigkeit im Maße des Ansteigens des Blutdruckes allmählich frequenter, dann wird sie langsamer, wenngleich die Blutdruckkurve dabei stark ansteigt; späterhin gleicht sich die Herztätigkeit wieder aus und darauf kehrt auch der Blutdruck zu seiner normalen Höhe zurück.

Bei der Reizung der den Sulcus cruciatus angebenden Windung erhielt BOCHEFONTAINE ein Sinken des Blutdruckes, welches aber im ganzen nicht bedeutend und nur vorübergehend war.

Eine analoge Wirkung beobachtete er auch bei der Reizung des ersten, zweiten und dritten FERRIER'schen Punktes und weniger konstant bei der Reizung des fünften und zehnten FERRIER'schen Punktes.

Doch ergab sich ihm aus seinen Untersuchungsbefunden, daß ein bestimmtes Verhältnis zwischen Blutdruckniveau und Pulsfrequenz nicht vorhanden ist.

In Fällen, wo es bei der Rindenreizung zum Sinken des Blutdruckes und zur Verlangsamung der Herztätigkeit kommt, führt BOCHEFONTAINE diese Wirkung zurück auf übergeleitete Erregung der Vagi und der centralen Ursprünge des Depressor. Das Ansteigen des Blutdruckes erklärt er durch Wirkung auf die Vasokonstriktoren. Die kortikale Reizung kann nach der Auffassung von BOCHEFONTAINE in manchen Fällen die Anfänge des Depressor, in anderen vorzugsweise die Vasokonstriktoren erregen.

Nach den Befunden BOCHEFONTAINE's erhält man bei der Reizung mehrerer Punkte der Gehirnrinde Pupillenerweiterung.[1]

BOCHEFONTAINE ist bei seinen Untersuchungen die Inkonstanz der erregbaren Punkte der Gehirnrinde aufgefallen. Er erklärt dies dadurch, daß ein Teil der zur Rinde gelangenden Fasern in einen Zustand deutlicher Erregung übergeht, während gleichzeitig andere solche Rindenfasern ausruhen oder sich in einem Zustande latenter Erregung befinden. Nach seiner Meinung gelangen zu der Rinde nur sensible Nervenfasern, und alle Wirkungen der Rindenerregung faßt er als reflektorisch auf, bedingt durch Sinneserregungen, wie dies schon vorher viele Andere (VULPIAN, FRANCK, PITRES, BROWN-SÉQUARD, COUTI) angenommen haben.[2]

Nach den Angaben von DANILEVSKI bewirkt das Rindengebiet des Facialis ebenfalls ein Ansteigen des Blutdruckes, er glaubt aber nicht, daß die Rindencentra in tonischer Weise auf die Gefäßcentra wirken könnten, da die Abtragung der Rindencentra keinen großen Einfluß auf den Gefäßdruck hat.

---

[1]) BOCHEFONTAINE, Étude expérim. de l'influence exercée par la faradisation de l'écorce grise du cerveau etc. Arch. de phys. norm. et path. 1876, Nr. 2.

[2]) BOCHEFONTAINE, Notes sur le deplacement des points excitables du cerveau. Arch. de phys. norm. et path. 1883, t. 1.

In den Versuchen von Franck bestand bei schwacher Rindenreizung gewöhnlich verlangsamte Herztätigkeit, bei starkem Strome dagegen beschleunigte Herztätigkeit.

Ferner haben die Untersuchungen von Landois und Eulenburg dargetan, daß die Zerstörung der Gehirnrinde in der Nachbarschaft der motorischen Centra eine Steigerung der Temperatur der kontralateralen Beine der Versuchstiere um 1,5—13° C bewirkt.

Nach zwei Tagen gleicht sich diese Temperaturdifferenz meist aus, doch war sie in einzelnen Fällen noch nach zwei Monaten zu bemerken. Bei der Reizung dieser Centra trat eine geringe und kurzdauernde Abkühlung der kontralateralen Extremitäten ein. Im Falle stärkerer Reizung jedoch stieg die Temperatur der kontralateralen Extremitäten. Demnach handelt es sich in diesen Untersuchungen um den Nachweis, daß die Gehirnrinde eine bestimmte Wirkung auf die Körpergefäße ausübt.[1])

Diese Befunde sind in der Folge von vielen Seiten nachgeprüft worden, so von Vulpian, Küssner, Hitzig, mir, Conti, Rosenthal, Wood, Češihin u. A. Doch stimmen die Ergebnisse dieser Erhebungen weitaus nicht mit einander überein. Die einen, wie Küssner und Kandnitz, stellen das Vorhandensein von Wärmecentren für die Extremitäten in der Gehirnrinde ganz in Abrede, andere dagegen sind von ihrer Existenz überzeugt.

Meine eigenen Untersuchungsbefunde, welche im folgenden eingehendere Behandlung finden, sprechen unbedingt für das Bestehen besonderer Gefäßcentra in den den motorischen Centren benachbarten Rindenregionen.[2])

Minor gelangte bei einer Nachprüfung der Landois-Eulenburgschen Untersuchungen an Hunden nicht zu einem Ergebnis, welches die Existenz von Vasokonstriktorencentren in der Gehirnrinde positiv beweisen würde. Er fand jedoch, daß schon die schwache Reizung eines bestimmten Punktes des Stirnlappens beim Kaninchen fast neben und ein wenig nach vorn vor den Centren für das Schließen der kontralateralen Lidspalte nach Ferrier eine Erweiterung der Gefäße des kontralateralen Ohres bewirkt. Die Lage dieses Punktes variiert nur sehr wenig. Andere Rindenstellen ergaben eine solche Wirkung nicht. Es handelt sich hier, wie Minor findet, nicht um eine Reflexerscheinung, denn das reflektorische Erröten beider Ohren von der Dura und Pia mater aus tritt nach 18 Sekunden ein, während das Erröten des kontralateralen Ohres bei der Rindenreizung schon nach 8 Sekunden erfolgt.

Ob das betreffende Centrum in erregender Weise auf das Vasodilatatorencentrum des Verlängerten Markes wirkt oder ob er das Vasokonstriktorencentrum beeinflußt oder was sonst seine Rolle ist — alle diese Fragen bleiben unbeantwortet.

Nach der auffallenden Reizwirkung zu urteilen, welche in Minor's Experimenten vorhanden war, ist anzunehmen, daß hier direkte vasodilatatorische Wirkungen vorliegen, doch müssen dafür natürlich positive Beweise geliefert werden.

---

[1]) Eulenburg u. Landois, 1876, S. 250.

[2]) W. Bechterew, Versuch einer klinischen Darstellung der Körpertemperatur bei Geisteskranken. Dissert. St. Petersburg 1881.

Nach den Untersuchungen STRICKER's bewirkt die Reizung der Gegend des Sulcus cruciatus in 2—10 Sekunden bei kuraresierten Hunden ein Steigen oder Sinken des Seitendruckes. Die Reizung anderer Rindenstellen ergab ihm keine Gefäßerscheinungen.[1])

STRICKER nimmt in der Gehirnrinde sowohl Vasodilatatoren, als auch Vasokonstriktoren an. Wenn die Erregbarkeit der Vasokonstriktoren überwiegt, so kommt es, wie STRICKER annimmt, bei der Rindenreizung zu einem Ansteigen des Blutdruckes; wenn dagegen die Erregbarkeit der Vasodilatatoren überwiegt, so erhält man verminderten Blutdruck. Bei gleichem Erregbarkeitsgrade beider Faserarten ist die Wirkung gleich Null. Analog verhält es sich nach STRICKERS Ansicht mit den Herzfasern: je nachdem, welche von den Fasern früher ermüden, kommt es zu einer Verlangsamung oder zu einer Beschleunigung der Herztätigkeit. — Für gewöhnlich ermüden die Vasodilatatoren in der Gehirnrinde früher als die Vasokonstriktoren; daher erhält man meist einen vasokonstriktorischen Reizungseffekt von der Rinde aus. Im Falle der Ermüdung der Rinde nach Reizen tritt eine Latenzperiode ein mit vorübergehender Depression des Blutdruckes, zurückführbar auf die Tätigkeit des N. depressor, welcher, wie STRICKER annimmt, auf die Tätigkeit der Vasokonstriktorencentra herabsetzend wirken kann.

Auf Ersetzung und Ergänzung der Vasokonstriktoren durch Vasodilatatoren führt STRICKER auch die thermische Wirkung zurück, welche in den Versuchen von LANDOIS-EULENBURG von der Rinde aus erzielt wurde. Das Ansteigen der Temperatur der Rindencentra und das Sinken der Temperatur bei der Reizung dieser Centra betrachtet STRICKER vom Standpunkt der Analogie mit den Folgeerscheinungen der Durchschneidung und Reizung des Ischiadicus, denn die bei der Durchschneidung des Ischiadicus auftretende Erhöhung der Temperatur der Extremität macht im Falle der Reizung des peripheren Stumpfes des durchschnittenen Nerven sofort einem Herabgehen der Temperatur daselbst Platz.

Nach der Angabe von RICHET führt die Stromreizung des vorderen Teiles des Gyrus sigmoideus zu einem beträchtlichen Ansteigen des Blutdruckes, welches noch fortbesteht, wenn der Reiz nicht mehr einwirkt. Was die Herzkontraktionen betrifft, so werden sie anfangs frequenter, später aber kommt es zu einer Verlangsamung der Herztätigkeit. Im Falle der Ermüdung des Tieres und bei allgemein herabgesetztem Blutdruck liefert auch eine stärkere Stromreizung keine Wirkung.

Im Laufe der Jahre 1885 und 1886 experimentierte ich nach der hier verfolgten Richtung hin an kuraresierten Hunden unter graphischer Aufnahme der Blutdruckschwankungen mit dem LUDWIG'schen Kymographen.[2]) Ich werde das Ergebnis dieser Untersuchungen später darstellen.

FR. FRANCK studierte sodann die Veränderungen des Herzens und des Gefäßsystems im Zusammenhange mit den motorischen Erscheinungen, welche während des durch Rindenreizung hervorgerufenen

---

[1]) STRICKER, Untersuchungen über die Gefäßnervencentren im Gehirn und Rückenmark. Med. Jahrb. Wien 1886, H. 1.

[2]) W. BECHTEREW u. MISLAWSKI, Arh. psihiatr. 1886.

epileptischen Anfalles auftreten. Nach seinen Befunden entspricht die Verlangsamung der Herztätigkeit der tonischen Periode, die Beschleunigung der Herztätigkeit dagegen der klonischen Periode des epileptischen Anfalles; das Fehlen von Erscheinungen seitens des Herzens entspricht dem Status postepilepticus.

Je nach dem wechselnden Bilde des epileptischen Anfalles, in welchem, wie bei der totalen Epilepsie, die tonische Periode von einer klonischen abgelöst wird oder, wie bei der partiellen Epilepsie, nur eine tonische Periode besteht, oder endlich klonische Krämpfe tonischen Platz machen, weist auch die Herztätigkeit entsprechende Veränderungen auf. Nach der Ansicht von Franck sind die Herzerscheinungen bei starker Rindenreizung, und sei es auch bei kuraresierten Versuchstieren, stets epileptischer Natur. Er kommt zu dem Schluß, daß die Veränderungen der Herztätigkeit und der Erscheinungen von Seiten des Gefäßsystems zwar gleichzeitig bei der Rindenreizung auftreten und bestehen, daß sie aber selbständige Erscheinungen darstellen und indirekt nicht aufeinander einwirken. Dafür sprechen die folgenden Verhältnisse: 1. bei der Verlangsamung der Herztätigkeit in der tonischen Phase kann der Blutdruck erheblich ansteigen, und zwar offenbar infolge einer vasokonstriktorischen Wirkung, welche der Verlangsamung der Herztätigkeit gewissermaßen ein Gegengewicht bietet; 2. bei unveränderter Herztätigkeit beobachtet man nicht selten ein Ansteigen des Gefäßdruckes, was offenbar als Folge einer Zusammenziehung der Gefäße auftritt; 3. die Ausschließung des Herzens durch Vagusdurchschneidung oder Atropininjektion verhindert nicht das Ansteigen des Blutdruckes; 4. das Verhalten des Blutdruckes im peripheren und centralen Arterienstück spricht für das Bestehen einer Gefäßwirkung; 5. endlich besteht ein direkter Zusammenhang zwischen den manometrischen Schwankungen des Blutdruckes und den Druckveränderungen der gefäßhaltigen Organe, wie z. B. der Nieren, ein Umstand, welcher auf eine Kontraktion der Gefäßwände hinweist.

Die Ursache des Ansteigens des Blutdruckes in der tonischen Phase des epileptischen Anfalles liegt nach der Ansicht von Franck sowohl in der erhöhten Muskelspannung, als auch in der gesteigerten Venosität des Blutes.

Die Wirkungen der Gehirnrinde auf das Herz und auf das Gefäßsystem vergleicht Franck den entsprechenden Wirkungen, welche man bei der Reizung peripherer Nerven erhält. Eine starke und plötzliche Reizung ergibt nach seiner Meinung in beiden Fällen eine Verlangsamung der Herztätigkeit, während eine schwache und biegsame Reizung die Herztätigkeit beschleunigt.

In Betracht kommt dabei indessen auch der Grad der Erregbarkeit des gereizten Teiles des Nervenstammes.

Ich muß hier bemerken, daß Beobachtungen über die Veränderungen der Herztätigkeit im Verlaufe des epileptischen Anfalles schon früher von Vulpian gemacht worden sind. Er konstatierte während des epileptischen Anfalles eine Beschleunigung der Herztätigkeit, manchmal aber auch eine Verlangsamung und Irregularität des Rhythmus. —

---

[1]) Fr. Franck, Influence des excitations simples et épileptogènes du cerveau sur l'appareil circulatoire. Comptes rendus 1888, t. 107.

Während der epileptischen Anfälle beobachtete Vulpian u. a. Gefäßzusammenziehung in der Leber, Niere, Milz, ferner Ausbildung von Gehirnbruch in der Trepanationsöffnung, lebhaftere Blutungen aus den verletzten Gefäßen, Kongestion im Augenhintergrunde, manchmal Hämorrhagien in den Lungen und im Magendarmkanale.

Franck spricht u. a. von der wechselnden Erregbarkeit der Gehirnrinde. Manchmal ist ein Reiz, welcher zu Beginn des Versuches eine geringe Beschleunigung der Herztätigkeit bewirkte, später hinreichend, um eine Verlangsamung der Herztätigkeit zu erzeugen.

Aus allen seinen Untersuchungen erschließt Franck das Fehlen bestimmter, den motorischen Centren vergleichbarer Gefäßcentra in der Gehirnrinde. Es besteht nach seiner Ansicht nur ein einziges gemeinsames Centrum, was auf alle Körpergefäße unter Beteiligung des vasomotorischen Hauptcentrums im Verlängerten Mark eine Wirkung ausübt; ein solches Centrum findet sich in der rechten, ein zweites in der linken Hemisphäre.

In einer (aus Danilevski's Laboratorium hervorgegangenen) Arbeit über die Folgeerscheinungen der Reizung der Gehirnrinde faßt Čerevkov seine auf das Herz und auf das Gehirn sich beziehenden Ergebnisse in folgenden Sätzen zusammen[1]):

1. Als die hinsichtlich ihres Einflusses auf die Funktion des Herzens und des Gefäßsystems am meisten aktive Stelle der Gehirnrinde und der weißen Substanz erscheint ein bestimmter Teil der vierten Primärwindung (Gyrus sigmoideus Landois), welcher um den Sulcus cruciatus herum sich findet; in diesem Rindenfelde ist die Pars praecruciata aktiver, als die Pars postcruciata.

Gleich wirksam in dieser Beziehung erscheint auch das psychomotorische Centrum des Facialis, welches im Bereiche der dritten Primärwindung (Landois), dicht hinter der Pars postcruciata seinen Platz hat. Die Reizung aller dieser Stellen selbst mit schwachen Strömen bewirkt oft ein starkes primäres Ansteigen des Blutdruckes unter Beschleunigung bezw. Verlangsamung der Herztätigkeit.

2 Sämtliche von der Rinde und von der weißen Substanz aus erzielbaren Wirkungen können in drei verschiedene Gruppen eingeteilt werden.

a) Bei der einfachsten Form der Wirkung steigt der Blutdruck um wenig mehr als 20—30 mm Hg ohne jegliche Veränderung der Herztätigkeit. Diese Wirkung ist sehr häufig und hat keine lange Dauer.

b) Zu einem mäßig erhöhten Blutdruck gesellt sich eine beschleunigte Herztätigkeit. Diese Wirkung kommt ebenfalls nicht selten vor und ist nicht von langem Bestande.

c) Bei der seltensten, aber lebhaftesten Form der Wirkung findet man beide Folgeerscheinungen der Gehirnreizung in den höchsten Graden ihrer Ausbildung miteinander vereinigt, nämlich beschleunigte Herztätigkeit, stark erhöhten Blutdruck und hochgradig verlangsamte Herztätigkeit.

Alle diese Wirkungen setzen gewöhnlich schon sehr bald nach der

---

[1]) A. Čerevkov, Über den Einfluß der Gehirnhemisphären auf das Herz und auf das Gefäßsystem. Harkov 1892.

Applikation des Reizes ein und zwar mit Beschleunigung (vielleicht auch Abschwächung) der Herzschläge und schnellem Ansteigen des Blutdruckes. Auf der höchsten Höhe des Systoledruckes gehen die Herzpulsationen in hohe (vielleicht auch starke) und seltene Wellen über. Nachdem der Druck 5—10 Sekunden seine maximale Höhe eingehalten hat, sinkt er unter allmählichem Schwächerwerden und Abflachung der systolischen Blutwelle nach und nach ebenfalls bis auf das vor der Reizung vorhanden gewesene Niveau (primäre Höhe) zurück oder — was häufiger ist — er bleibt noch 1—2 Minuten über der primären Höhe stehen. In der ersten Phase dieser Wirkungen wird die Herztätigkeit um 15—20 Schläge in der Minute und mehr verlangsamt gegen den vor der Reizung vorhanden gewesenen Zustand; der Puls beträgt dann 50—70. Was das Herz bei solcher Verlangsamung während einer bestimmten Zeit an Systolezahl verliert, gewinnt es anscheinend an kontraktiler Energie der Ventrikel, da jede einzelne Pulswelle in dieser Periode den Manometerdruck um 70—80 mm erhöht, während in der Periode der beschleunigten Herztätigkeit nur eine Manometererhöhung um 6—10—15 mm eintritt. An der kymographischen Kurve haben einzelne systolische Wellen eine Höhe von 96 mm Hg.

3. Von dem sensiblen Nervus tibialis aus kann man zuweilen den Blutdruck durch Reizung ebensoweit in die Höhe bringen, wie durch die direkte Reizung der Rinde oder des weißen Hemisphärenmarkes. Diese Wirkungen sind jedoch verglichen mit der Rindenwirkung von äußerst kurzer Dauer; bei beschleunigter, manchmal auch bei konsekutiv erheblich verlangsamter Herztätigkeit dauern sie entweder so lange, als der Nerv direkt mit dem Strome gereizt wird oder doppelt so lange, worauf sie sehnell nachlassen und verschwinden unter Erzeugung einer kegelförmigen Kurve. Diese Wirkungen stehen bezüglich ihres allgemeinen Verhaltens den nicht selten von der weißen Sustanz aus auftretenden näher. Die kortikalen Wirkungen unterscheiden sich in auffallender Weise 1. dadurch, daß sie von längerer Dauer sind sogar im Verhältnis zu dem Reizerfolge der weißen Substanz, 2. daß sie sich nach einer einmaligen Reizung des aktiven Rindenfeldes 4—6 mal nacheinander mit bestimmten Intervallen wiederholen (sog. sekundäre Wirkungen).

4. Die unter den psychomotorischen „Centren“ der Gehirnrinde gelegene weiße Substanz ergibt genau so große Druckwirkungen, wie die graue Rinde. Die Herztätigkeit hat aber dabei nicht immer dasselbe Verhalten, wie im Falle der Rindenreizung, und zwar ist die Herzsystole nicht so verlangsamt und nicht so stark. Man findet bei der Reizung der weißen Substanz seltener „sekundäre“ Wirkungen und, was am allerwesentlichsten, sie reagiert schneller als die Rinde, hat also eine kürzere Latenzperiode als diese.

5. Manchmal beobachtet man auch ein primäres Fallen des Blutdruckes, welches also direkt der Reizung sich anschließt ohne vorhergehendes Ansteigen des Druckes. Es ist gewöhnlich nicht groß und überschreitet selten 30 mm Hg und hängt nicht viel von der Stromstärke und Stromdauer, sondern am meisten von der Lage der gereizten Stelle ab.

6. Wirkungen auf den Blutdruck und auf die Herztätigkeit er-

hält man nur bei der Reizung der vorderen Hemisphärenpartien. Denkt man sich einen Frontalschnitt des Gehirns unmittelbar vor dem Thalamus, so haben die obere Fläche und die angrenzende Seitenfläche des vor der gedachten Schnittebene bleibenden Gehirnsegmentes im allgemeinen eine Wirkung auf Herz und Gefäßsystem im oben angegebenen Sinn; die hinter dem Schnitt belegenen Hirnteile sind in dieser Beziehung wirkungslos. Reizt man die postparietalen Lappen selbst mit Strömen, die unsere Lippen nicht mehr vertragen, so erhält man dort auch damit keine Wirkung.

7. Die Länge der Latenzperiode für eine und dieselbe Rindenstelle bleibt bei mit bestimmten Pausen aufeinanderfolgender mehrfacher Reizung eine Zeit lang unverändert. Man erhält selbst bei wiederholter Reizung bestimmter Stellen immer wieder eine und dieselbe Veränderung der Herztätigkeit und eine und dieselbe Druckgröße. Diese Eigenschaften kommen fast ausschließlich der Pars postcruciata (des Hundes) zu, sowie einer Stelle, welche dem psychomotorischen „Centrum" des Facialis sehr nahe liegt.

Die gleiche Konstanz der Dauer der Latenzperiode, sowie der Ausgiebigkeit der Wirkung selbst gilt auch für die Reizung der peripheren Nerven.

8. Von den Hemisphären aus gelangt die Erregung zum Vagus nur auf gekreuztem Wege. Wenn man also den rechten Vagus durchschneidet, so erhält man nur durch die Reizung der rechten Hemisphäre die gewöhnlichen Wirkungen auf das Herz; die Reizung der linken Hemisphäre hat in diesem Fall eine abgeschwächte Wirkung auf den Blutdruck und gar keine auf das Herz.

9. In allen Fällen ohne Ausnahme überdauern die Reizungswirkungen der Rinde, der weißen Substanz und des Corpus striatum die Reizung bezw. die Elektrodenberührung selbst; die Periode des Anwachsens der Wirkung bis zum Maximum des Blutdruckes ist meist kürzer, selten ebenso lang, nie aber länger, als die Periode der Wirkungsabnahme.

10. Es fand sich nie eine besonders auffallende Abnahme der primären oder sekundären Wirkung, wenn nach starker elektrischer Reizung der aktiven Rindenstellen bei noch laufender Wirkung Eis oder warmes Wasser (von 40° R) auf die erregten Rindenpartien gebracht wurde. Stark in Äther getränkte Watte hat in diesem Sinne eine etwas deutlichere Wirkung, denn die eingetretene Wirkung wird anscheinend schwächer; manchmal, wenn auch selten, beobachtete man eine Rückkehr der Kurve zur normalen Höhe, wenn die Ätherwatte bei noch laufender Wirkung auf die gereizte Rindenstelle gebracht wurde.

11. Die zur Rindenoberfläche schräg gerichtete Unterminierung der gereizten Rindenstelle zum Zwecke einer möglichst schnellen und vollständigen Isolierung des primär gereizten Rindenfeldes von der übrigen Rindenoberfläche setzt manchmal die laufende Wirkung herab, aber in manchen Fällen hat sie gar keinen Einfluß auf dieselbe. Ein deutlicher Einfluß auf die primäre sowohl, wie auf die sekundäre Wirkung war nur im Falle der senkrechten Abtrennung der vorderen Hemisphärenlappen von den hinteren mit scharfem feinem Messer zu beobachten.

12. Bei der Reizung mit dem Fleischl'schen Rheonom erhält man eine Wirkung nur bei einer gewissen Frequenz der Stromschwankung im Apparat. Man kann dies so ausdrücken: Erste Periode der Wirkung — Beschleunigung der Herztätigkeit ohne Veränderung des Blutdruckes; zweite Periode — Verlangsamung und Steigerung der Herzsystole bei mäßigem Ansteigen des Blutdruckes; dritte Periode — erneute Beschleunigung der Herztätigkeit und Abfall des Blutdruckes unter den vor der Reizung vorhanden gewesenen Wert. Manchmal fällt eine dieser Wirkungsphasen aus.

13. Das Schließen und Öffnen des konstanten Stromes bei 10—15 Schlägen in der 5—6 Sekunden währenden Sitzung erzeugt ein schwaches Ansteigen des Blutdruckes, ohne jegliche Veränderungen der Herztätigkeit.

14. Wenn der Hund spontan atmet, also ohne Kurare operiert wird, so ist es fast unmöglich, eine prägnante Wirkung (der Gruppe *c*, s. oben, bei der Reizung der aktiven Rindenstellen zu erhalten. Der Druck steigt bei einem solchen Tier selbst nach starker Stromreizung nur wenig, kaum mehr als bis zur Hälfte der Wirkung *c*, aber noch geringer ist die Reizwirkung der auf die konsekutive Verlangsamung der Herztätigkeit bei maximalem Blutdruck.

Dies ist das sachliche Ergebnis von Čerevkov's Versuchen. Bei der Beurteilung seiner Experimente weist er darauf hin, daß eine Wirkung ohne erhöhten Blutdruck nicht vorkommt, während Wirkungen ohne Beteiligung des Herzens nicht selten sind. Somit trifft die Erregung zuerst die Vasomotoren und erst später gelangt sie zu den nervösen Herzregulatoren, und beschleunigt oder verlangsamt dann die Herztätigkeit. Alle Veränderungen des Herzens und des Gefäßsystems sind, wie Čerevkov schließt, nur Teilerscheinungen „eines allgemeinen epileptischen Zustandes" des Versuchstieres, welcher durch die elektrische Reizung der Rindencentra hervorgerufen wird. Es handelt sich hier, wie Čerevkov sich ausdrückt, um eine jener Teilerscheinungen, welche den epileptischen Zustand in den übrigen (willkürlich-motorischen, sekretorischen, exkretorischen u. a.) Organfunktionen zum Ausdrucke bringen. Čerevkov steht in dieser Beziehung voll und ganz auf dem Standpunkt von Fr. Franck, welcher auf graphischem Wege den parallelen Ablauf der epileptischen Erscheinungen in den willkürlichen Muskeln und in der Herz- und Gefäßmuskulatur nachzuweisen suchte. Da das Kurare jedoch die willkürlich-motorischen Erscheinungen aufhebt, so nimmt Čerevkov an, daß die Wirkungen auf das Herz und auf das Gefäßsystem einerseits und die Wirkungen auf die willkürliche Muskulatur wohl nebeneinander bestehen, aber vollkommen unabhängig von einander sein können.

Fragt man nun, wie es zu erklären sei, daß die Verlangsamung der systolischen Herzpulsationen bald ein wenig vor der Erreichung des maximalen Blutdruckes auftritt, bald — was häufiger ist — mit diesem Maximum zusammenfällt und endlich auch nach Erreichung des Druckmaximums noch fortdauert, so hängt dies, wie Čerevkov bemerkt, von dem Gefäßdruck ab. Ist der normale Gefäßdruck bei einem Tier hoch, so tritt die Verlangsamung der Herztätigkeit bei der Rindenreizung im allgemeinen früher, also bei relativ kleinerem Gefäßdruck ein. Die Centra des Gyrus sigmoideus reagieren nach Čerevkov's An-

sicht nur bei einer gewissen Höhe des Blutdruckes. Wenn das Vaguscentrum nur in dem Fall erregbar wird, wenn der intracranielle Druck beispielsweise 100 mm beträgt, so wird bei einem normalen allgemeinen Gefäßdruck von 50 mm der Grenzwert von 100 mm naturgemäß in einer kürzeren Zeitperiode erreichbar sein, als bei einem normalen Gefäßdruck von 80 mm, und folglich wird die Wirkung vom Vagus aus in diesem Fall relativ früher eintreten.

Mit Franck geht Čerevkov darin auseinander, daß auf die Herz- und Gefäßwirkung bei der Rindenreizung außer der Stromstärke auch noch die Plötzlichkeit der Reizung von Einfluß sein soll.

Was nun das primäre Sinken des Blutdruckes betrifft, so betont Čerevkov zunächst, daß es sich dabei um relativ geringfügige Werte handelt. Die Größe des Druckabfalles ist nicht selten sogar geringer, als die Größe einer schwachen pressorischen Wirkung. Die Herztätigkeit soll sich bei diesem Abfallen des Blutdruckes nicht verändern. Nur selten kommt es dabei zu einer Beschleunigung, noch seltener zu einer Verlangsamung der Herztätigkeit.

Bezüglich der Frage, warum gerade die depressorischen Wirkungen bei gleicher Reizungsstärke den pressorischen nachstehen und warum in diesem Falle die Erregung nicht auf die Vagi übergeht, lehnt Čerevkov die von Bochefontaine und Stricker festgehaltene Annahme einer Erregungsübertragung auf das Depressorcentrum ab, da dieser Nerv eine stärkere Herabsetzung des Blutdruckes, als 30 mm — nahezu den Grenzwert des depressorischen Effektes — bewirkt. Bekanntlich beobachteten Ludwig und Cyon bei der Reizung des N. depressor ein Sinken des Blutdruckes um $^1/_3$ und selbst um $^1/_2$ der ursprünglichen Höhe, wobei gleichzeitig mit dem Sinken des Blutdruckes auch die Frequenz des Pulses abnahm. Čerevkov hält auch die Annahme der Existenz von Vasodilatatoren in der Gehirnrinde für unhaltbar, wenn manche auch an einer solchen Meinung ohne hinreichenden Grund festhalten.

Čerevkov bezieht die depressorischen Erscheinungen in erster Linie auf zufällige Momente, welche von verschiedenen unnatürlichen Daseinsbedingungen des Versuchstieres abhängen. Höchstwahrscheinlich beruhen sie vor allem auf einer vorübergehenden Ermüdung der regulatorischen Vasokonstriktoren oder auf einer schwachen Parese des vasomotorischen Centrums, um so mehr, als solche depressorische Wirkungen häufig nach mehrfacher Reizung bezw. nach mehrfachen Blutdrucksteigerungen auftreten.

Was die relative Irrelevanz der Unterminierung des gereizten Rindenfeldes für den Reizungseffekt betrifft, so meint Čerevkov, daß die Erregung schon gleich nach dem Einsetzen des ersten Rindenreizes sich über die nachbarlichen Rindenpartien ausbreitet; daher kann die Unterminierung keine besonderen Veränderungen mit sich bringen. Dagegen durchtrennt ein 2—2 $^1/_2$ cm tiefer Vertikalschnitt die Leitungsbahnen von der Rinde zu den tieferliegenden Centren und schwächt dadurch die Wirkung der Reizung wesentlich ab.

In dieser Beziehung entspricht das Ergebnis dieser Versuche der Abschwächung oder dem Aufhören der motorischen Wirkungen, welche man von der Rinde aus im Falle der Unterminierung erhält.

Was die „wellenförmigen Schwankungen" des Blutdruckes und die abwechselnde Beschleunigung und Verlangsamung der Herztätigkeit be-

trifft, so bezieht Čerevkov diese Erscheinungen auf Ermüdung und auf eine starke Herabsetzung der direkten Erregbarkeit der untersuchten Rindenflächen. Auch Pavlov rechnet die periodische Verlangsamung der Herztätigkeit zu den Ermüdungserscheinungen im Gebiete der peripheren Vagusapparate.[1])

Die Herabsetzung der direkten Erregbarkeit der Centra in seinen Versuchen bringt Čerevkov mit Unregelmäßigkeiten der cerebralen Blutzirkulation und Abweichungen des Kohlensäuregehaltes des Blutes als Folge der immer mehr oder weniger unzureichenden künstlichen Atmung in Zusammenhang.

b) Experimentelle Untersuchungsergebnisse.

In der vorstehenden literarischen Befundübersicht gedachte ich nur der Titel meiner eigenen, den hier behandelten Gegenstand betreffenden Untersuchungen, welche ganz im Beginn der 80iger Jahre aufgenommen und dann mit verschiedenen Unterbrechungen fast bis in die Gegenwart hinein fortgeführt wurden. Ich will das Ergebnis derselben hier getrennt von den literarischen Befunden, aber doch auch unter Rücksichtnahme auf diese, darzustellen versuchen. Denn es müssen hier noch mehrere Fragen ihre Lösung finden, welche von früheren Untersuchungen her noch ungelöst dastehen und meiner Ansicht nach einer näheren Aufklärung bedürfen.

Man muß nun, um irgendwelche Untersuchungsbefunde über den Einfluß der Gehirnrinde auf die Herzgefäßsphäre richtig zu beurteilen, sich immer zunächst das eine vor Augen halten, daß die Herz- und Gefäßerscheinungen, welche bei der Reizung der Gehirnrinde hervortreten, auf der Erregbarkeit der Rinde selbst beruhen, nicht aber durch Erregungsübergang auf entlegene subkortikale Gebiete bedingt sind. In diesem Sinne kann ich mich, gestützt auf eigene Befunde, den vorhin mitgeteilten Ausführungen von Čerevkov nur anschließen.

Beweis für die Richtigkeit dieser Auffassung ist die Tatsache, daß die Unterminierung der Rindenfläche, welche eine Wirkung auf das Herz und Gefäßsystem ergeben, diese Wirkung definitiv vernichtet. Falls man ein Stück wirksame Rinde exzidiert und sie dann wieder an ihren Platz bringt, so gelingt es nunmehr nicht, durch Reizung dieses Rindenfeldes irgend einen Effekt zu erhalten.

Andererseits kann die von der Rinde aus erzielbare Wirkung gleich Null sein, wenn man in einer Zeit gänzlicher Hemmung und Erschöpfung der Rindentätigkeit in der Narkose oder nach Austrocknung der Gehirnoberfläche Reizungsversuche anstellt. Sobald man aber unter diesen Verhältnissen die Rinde abträgt, läßt sich ohne weiteres subkortikal eine hochgradige Wirkung auf das Herz und auf das Gefäßsystem erzielen. Daß wir es bei der Reizung der Gehirnoberfläche hier mit Wirkungen der Rinde und nicht mit Wirkungen subkortikaler Formationen zu tun haben, liegt also wohl auf der Hand.

Im ganzen und großen bin ich durch meine diesbezüglichen Untersuchungen, welche bisher nur in Form einer kurzen vorläufigen Mitteilung veröffentlicht sind, zu folgendem Befund gelangt:

---

[1]) J. P. Pavlov, Die centrifugalen Nerven des Herzens. St. Petersburg 1883.

Die Reizung des ganzen hinteren und vorderen Abschnittes des Gyrus sigmoideus, sowie der ihm angrenzenden Teile der ersten und zweiten Primärwindung erzeugt bei kuraresierten Tieren schon im Falle der Anwendung sehr schwacher Induktionsströme ein hochgradiges Ansteigen des Blutdruckes in den Körpergefäßen (Fig. 342).

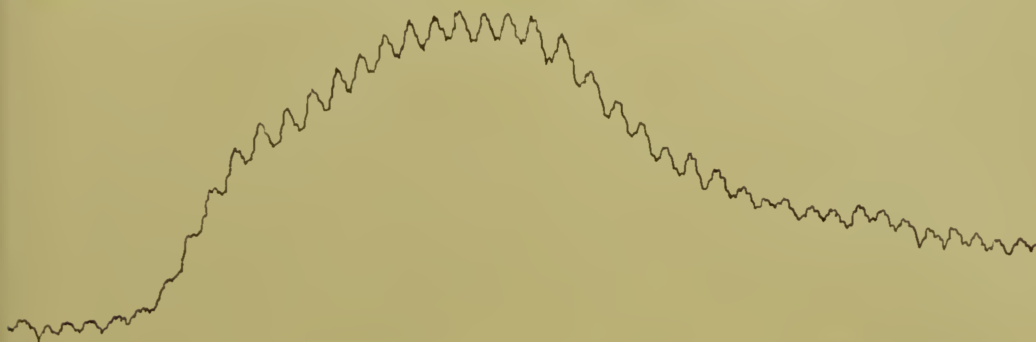


Fig. 342.
Ansteigen des Gefäßdruckes bei Reizung des äußeren Feldes des Gyrus sigmoideus. Katze.

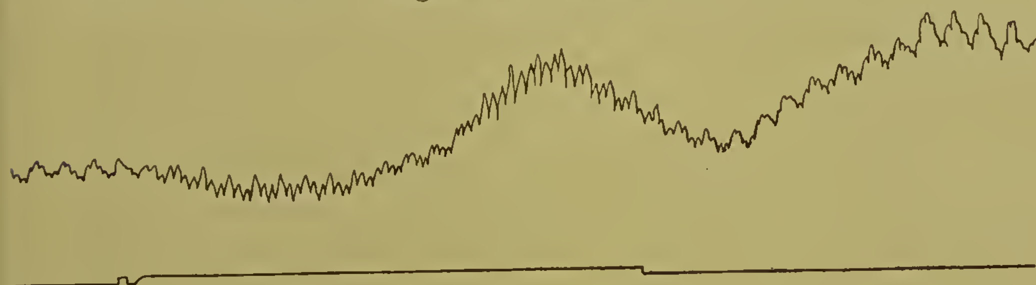


Fig. 343.
Obere Kurve illustriert die Veränderungen des Gefäßsystems bei Reizung des mittleren-vorderen Abschnittes des Gyrus sigmoideus beim Hunde.
Untere Kurve zeigt das primäre Fallen des Blutdruckes bei Reizung des äußeren-vorderen Abschnittes des Gyrus sigmoideus beim Hunde.

Neben dieser Erscheinung beobachtete ich bei der Reizung der angegebenen Rindenregion auch entgegengesetzte Wirkungen.

So z. B. ergibt die Reizung des äußeren und mittleren Teiles des vorderen Abschnittes des Gyrus sigmoideus, sowie seiner dem Lateral-

ende des Sulcus cruciatus anliegenden Partie, nach meinen Versuchen, von vorneherein ein Sinken des Blutdruckes, welches nachher von einem Ansteigen des Blutdruckes abgelöst wird (Fig. 343).

Doch erzielt man vom äußeren-vorderen Felde des Gyrus sigmoideus bisweilen ein Sinken des Blutdruckes auch ohne ein konsekutives Ansteigen desselben.

Außerdem ergaben die mittleren Teile der zweiten und dritten Primärwindung entsprechend dem Scheitellappen, sowie das hintere Ende der vierten Primärwindung in meinen Versuchen fast immer eine depressorische Wirkung, welche dabei hochgradig und recht anhaltend war. Immerhin war aber diese Wirkung nicht ganz konstant. Sie wurde in der Mehrzahl der Fälle im Beginn des Versuches beobachtet; im weiteren Verlauf des Versuches gelang es dann manchmal nicht, sie selbst durch starken Anreiz wieder hervorzurufen, offenbar, weil die Rinde unterdessen abkühlte, austrocknete und im übrigen ermüdete.

Im allgemeinen nimmt der vasomotorisch aktive Teil der Gehirnrinde ein äußerst umfangreiches Areal ein. Er umfaßt nämlich außer dem am meisten erregbaren Gyrus sigmoideus den Scheitellappen und einen Teil des Schläfenlappens. Nur der vordere Abschnitt des Stirnlappens und die okzipitale Region der Hemisphäre erwiesen sich in meinen Versuchen ganz oder fast ganz inaktiv, und zwar selbst gegenüber sehr starken Strömen.

Außer Gefäßerscheinungen treten bei der Reizung der angegebenen Rindenfelder auch Herzerscheinungen auf, bestehend in einer Beschleunigung der Herztätigkeit in Verbindung mit erhöhtem oder herabgesetztem Blutdruck. Ungemein auffallend ist dies im Falle der Reizung der Region des Gyrus sigmoideus und der ihm benachbarten Rindenpartien. Manchmal beobachtete ich nach einer anfänglichen Pulsbeschleunigung bei der Reizung der angegebenen Rindenstellen eine Verlangsamung des Pulses. Diese Pulsverlangsamung trat aber zuweilen auch primär hervor. Nach vollzogener Durchschneidung des kontralateralen N. vagus hörte die Hemmungswirkung der Gehirnrinde auf die Herztätigkeit vollständig auf. Ich gelangte auf diese Befunde hin zu dem Schlusse, daß in der Hemisphärenrinde Gefäß- und Herzcentra lokalisiert sind, welche durch besondere Leitungsbahnen ihre Wirkung ausüben.

Eine andere Frage, welche Beachtung verdient und der Lösung bedarf, ist die, ob die beobachteten Erscheinungen von Seiten des Herzens und Gefäßsystems Ausdruck eines epileptischen Zustandes der Gehirnrinde sind, oder ob sie auch bei Fehlen eines solchen Zustandes vorhanden sein können.

Ich vermag in dieser Beziehung mich Franck und Čerevkov nicht anzuschließen, wenn sie die hier in Rede stehenden Erscheinungen als Äußerung eines allgemeinen epileptischen Zustandes auffassen. Wäre diese Auffassung richtig, dann dürfte die Abtragung der Rindencentra keinerlei vasomotorische Störungen zurücklassen, während in Wirklichkeit die Versuche von Landois und Eulenburg, mir, Hitzig u. A. dartun, daß die Abtragung der Rindencentra zu einer Erhöhung der peripheren Körpertemperatur der kontralateralen Extremitäten führt, welche offenbar von vasomotorischen Störungen abhängt unter Verhält-

nissen, wo von einem epileptischen Zustand der Gehirnrinde nicht die Rede sein kann.

Auch bei der Ätzung der Rindenoberfläche wird man ohne weiteres das Auftreten vasomotorischer Störungen nachweisen können, obwohl das Versuchstier hierbei keine epileptischen Krämpfe aufweist.

Aus allem dem ersieht man, daß die vasomotorischen Erscheinungen sowie die Veränderungen der Herztätigkeit, welche man von der Rinde aus erzielt, nicht Ausdruck eines epileptischen Zustandes der Gehirnrinde sind.

Auch mittels des elektrischen Stromes kann man der Rinde schwach narkotisierter Tiere Reize mitteilen, welche wohl Gliedmaßenkontraktionen erzeugen, aber zu schwach sind, um selbst Erscheinungen der partiellen Epilepsie hervorzurufen, nichtsdestoweniger aber treten dabei wenn auch unbedeutende Veränderungen seitens des Herzens und Gefäßsystems auf.

Die Gesamtheit aller dieser Befunde bildet einen hinreichenden Beweis dafür, daß die Herz- und Gefäßerscheinungen, welche durch die Reizung der Gehirnrinde erzielbar sind, zwar in gewissen Fällen mit epileptischen Zuständen der Gehirnrinde zusammenhängen können, in anderen Fällen aber ganz außer Zusammenhang mit solchen Zuständen auftreten, und selbst bei Vorhandensein paralytischer, durch Abtragung der Rindencentra bedingter Vorgänge zur Ausbildung gelangen.

Der Meinung, daß die Herz- und Gefäßstörungen bei der Rindenreizung ganz und gar Ausdruck eines epileptischen Zustandes sein sollten, steht auch die Tatsache entgegen, daß die bezüglich der Herz- und Gefäßfunktionen aktiven Territorien der Gehirnrinde topographisch nicht ganz den sog. motorischen Rindencentren entsprechen. — Unerklärbar bleibt außerdem von diesem Standpunkte aus das primäre Fallen des Gefäßdruckes bei der Rindenreizung. Denn da ein erhöhter Blutdruck bei gleichzeitig bestehenden Veränderungen der Herztätigkeit in gewissen Fällen als Ausdruck eines epileptischen Reizzustandes betrachtet werden kann, so läßt sich für den entgegengesetzten Vorgang, d. h. für das Ansteigen des Gefäßdruckes, ein solcher Zusammenhang nicht wahrscheinlich machen. Dieser Punkt ist so wenig aufklärbar, daß beispielsweise Čerevkov, der die epileptische Natur der Gefäßveränderungen nachzuweisen sucht, das primäre Fallen des Gefäßdruckes auf ganz zufällige Nebenumstände zurückzuführen sich genötigt sah.

Ich fand ein primäres Sinken des Blutdruckes in meinen Versuchen, wie gesagt, von bestimmten Rindenstellen aus so oft und nahezu konstant, daß von zufälligen Momenten keinesfalls die Rede sein konnte. In einzelnen Fällen trat das Sinken des Blutdruckes zudem schon ganz im Beginne des Versuches auf, wo an Ermüdung des Tieres oder an eine Austrocknung der Rindenoberfläche u. dgl. nicht zu denken war. Um einen zufälligen Effekt handelt es sich hier also jedenfalls nicht, sondern um einen Effekt, welchen man gar nicht selten bei der Rindenreizung beobachtet und namentlich bei der Reizung von Rindenstellen, welche sich in der Nähe des Außenendes des Sulcus cruciatus finden, ferner bei der Reizung der mittleren Abschnitte der zweiten und dritten Primärwindung und des hinteren Endes der vierten Primärwindung entsprechend den Parietallappen.

Erstaunlich bleibt nichtsdestoweniger die Tatsache, daß das primäre Sinken des Gefäßdruckes, wenn man es von bestimmten Punkten der Gehirnrinde aus vielfach hervorrief, bei jeder weiteren Reizung immer schwächer und schwächer wird, und schließlich ganz ausbleibt, indem es von einem Ansteigen des Blutdruckes abgelöst wird.

In anderen Fällen, welche ich nicht selten bei der Reizung von Rindenpartien in der Nachbarschaft des Außenendes des Sulcus cruciatus beobachtete, macht das im Beginne der Reizung auftretende Sinken des Blutdruckes späterhin einer konsekutiven Erhöhung des Blutdruckes Platz.

Seltener kommt es vor, daß der Blutdruck im Beginne der Reizung eine entschiedene Tendenz zum Steigen aufweist, darauf aber deutlich absinkt.

Diese Befunde scheinen mir am besten mit der Auffassung vereinbar, daß in der Gehirnrinde Centra vorkommen, in welchen sowohl vasokonstriktorische, als auch vasodilatatorische Fasern nicht ganz gleichmäßig vertreten sind. Je nach dem Überwiegen einer dieser beiden Faserarten oder je nach der größeren oder geringeren Ermüdbarkeit derselben kommt es bald zu eimem Sinken, bald zu einem Ansteigen des Blutdruckes.

Wenn in irgend einem Rindengebiet Vasokonstriktoren, in einem anderen Vasodilatatoren vorwiegen, so müssen die kortikalen Gefäßwirkungen schon von vorneherein Unterschiede aufweisen. Hier kann vieles auch von der angewandten Reizungsstärke abhängen, ferner von dem Grade der Rindenerregbarkeit, von der Ermüdungsstufe der Centra usw.

Ich zergliedere daher die Gehirnrinde nicht in Territorien für Blutdruckerhöhung und Blutdruckherabsetzung, sondern betrachte den ungleichen Erfolg der Reizung verschiedener Rindenstellen in einzelnen Versuchen als hervorgerufen durch eine Reihe von Bedingungen, unter welchen die (individuell vielleicht variable) Anzahl der Vasokonstriktoren und Vasodilatatoren in einem Rindenfelde, der Grad der Rindenerregbarkeit, Ermüdungszustände bestimmter Faserarten, der Zustand der peripheren Gefäße u. dgl. m. nicht weiter von Bedeutung sein können.

Möglicherweise ist auch die Qualität des Reizes in dieser Beziehung für den Erfolg nicht irrelevant. Denn die Vasokonstriktoren und Vasodilatatoren werden bekanntlich an der Peripherie nicht durch die gleichen Faktoren angeregt.

Unter allen Umständen sind die in Rede stehenden Erscheinungen durch Erregung und Hemmung vasokonstriktorischer Rindencentra allein nicht zu erklären. Man muß vielmehr in der Rinde Centra annehmen, die nicht nur gefäßverengernd, sondern auch gefäßerweiternd wirken. Irgend eine Tatsache, die veranlassen könnte, der Rinde vasodilatatorische Wirkungen abzusprechen, ist nicht erfindlich. Peripher und in den subkortikalen Regionen bestehen, wie wir gegenwärtig sicher wissen, Gefäßerweiterungsfasern und -centra neben Gefäßverengerungsfasern und -centren.

Was die topographischen Verhältnisse der kortikalen Gefäßcentra betrifft, so konnte ich schon in den Jahren 1879—1880 bei einer Nachprüfung der Untersuchungen von Landois-Eulenburg erweisen[1]), daß

[1]) W. Bechterew, Über die thermischen Veränderungen bei Geisteskranken. Medicinsk. vêstn. 1879. Versuch einer klinischen Darstellung der Körpertemperatur bei Geisteskranken. Dissert. St. Petersburg 1881.

Läsionen im Gebiete der motorischen Rindencentra des Hundes eine Steigerung der Temperatur der kontralateralen Extremitäten zur Folge haben, während die Irritation dieser Rindenpartien eine unbedeutende Temperaturabnahme bewirken.

Diese Erscheinungen beruhen nach meiner Ansicht auf einer vasomotorischen Wirkung der Rindencentra. Sie können, wie STRICKER mit Recht bemerkt, in dieser Beziehung den Erscheinungen verglichen werden, welche man bei der Durchschneidung und konsekutiven Reizung des Nervus ischiadicus oder irgend eines anderen peripheren Nerven beobachtet. Demzufolge steht auch der thermische Erfolg der Rindenzerstörung oder Rindenreizung in Abhängigkeit von dem Zustande der peripheren Körpergefäße.

Wenn die Gefäße schon an und für sich hinreichend erweitert sind, falls z. B. das Versuchstier in der Wärme bezw. in warmer Umhüllung sich befindet, wie in den Versuchen von KAUDNITZ[1]), so wird die Temperaturerhöhung unter solchen Verhältnissen naturgemäß entweder gleich Null oder doch eine sehr geringfügige sein.

Ebenso wird auch die Reizwirkung variieren, je nach dem Zustand der peripheren Körpergefäße und von dem Allgemeinzustand des Organismus während der Untersuchung.

Man kann also die fraglichen Rindencentra, wie sich aus allen diesen Erwägungen ableiten läßt, nicht als Wärmecentra im eigentlichen Sinn dieses Wortes auffassen. Es handelt sich vielmehr um Gefäßcentra, welche auch eine Herabsetzung des Blutdruckes bewirken können. Vermöge ihres Einflusses auf die peripheren Körpergefäße üben diese Centra offenbar ihre Wirkung auf den allgemeinen Gefäßdruck und auf die Regulierung der Körperwärme und folglich auch auf die allgemeine Körpertemperatur.

Man kann den in Rede stehenden Centren also eine gewisse Bedeutung für die Wärmeregulierung nicht absprechen; denn dadurch, daß sie die peripheren Körpergefäße mehr oder weniger zur Kontraktion bringen, können sie ohne Frage auch Veränderungen der von der Körperoberfläche abgegebenen Wärmemengen bewirken.

Was die Ausdehnung des Rindenareales betrifft, welches auf das Gefäßsystem wirksam ist, so haben wir es hier im ganzen mit einem weitaus größeren Gebiet zu tun, als man sich gewöhnlich vorstellt.

Gewöhnlich wird der vordere und hintere Abschnitt des Gyrus sigmoideus als in dieser Beziehung wirksames Rindenfeld angegeben. In der Tat ist nicht zu leugnen, daß diese Rindenpartie hinsichtlich des Herzens und des Gefäßsystems weitaus am wirksamsten sind; besser gesagt, sie stellen sich in dieser Beziehung als die allererregbarsten Stellen der Gehirnrinde dar.

Doch unterliegt es keinem Zweifel, daß auch von den angrenzenden Regionen des Scheitellappens und selbst von den Temporalwindungen aus, wie schon früher bemerkt, noch relativ leicht Gefäßwirkungen erzielbar sind. In meinen hierbezüglichen Versuchen erwiesen sich als total gefäßinaktiv nur die vorderen Abschnitte des Lobus frontalis. Was

[1]) KAUDNITZ, Ist ein unmittelbarer Einfluß der Großhirnrinde auf die Gefäße nachgewiesen? Virchows Arch. f. path. Anat. u. Phys. 1885, Bd. 101.

die hinteren Hemisphärenpartien betrifft, so erwiesen sie nur eine geringe Wirkung auf das Gefäßsystem.

Nach allem dem funktioniert also nicht nur die sensitiv-motorische Zone als Entwicklungsstätte von Herz- bezw. Gefäßveränderungen, sondern es kommt offenbar noch anderen Sinnesfeldern, vor allem der Gehörsphäre und in weit geringerem Grade auch der Sehsphäre eine analoge Bedeutung zu.

Von der Gehirnrinde aus sind auch lokale vasomotorische Wirkungen hervorrufbar. Dies deutet an, daß im Bereiche des Gyrus sigmoideus und der ihm angrenzenden Rindenpartien eine ganze Reihe einzelner Centra für die verschiedenen Gefäßterritorien, wie Gesicht, Arm, Bein usw. differenziert sein müssen.

So z. B. läßt sich, wie ich in meinen eigenen Versuchen erkannte, für den Halssympathicus ein eigenes vasomotorisches Rindengebiet beim Hunde ebenso gut, wie bei den Affen genau abgrenzen, worauf schon an einer früheren Stelle hingewiesen wurde. Bei der Reizung dieses Rindengebietes erhält man neben Pupillen- und Augenerscheinungen auch eine der Reizung des Halssympathicus eigentümliche Verengerung der Gefäße der kontralateralen Kopfhälfte.

Ferner ist aus den Veränderungen der peripheren Körpertemperatur bei der Reizung bezw. Zerstörung einzelner Teile des Gyrus sigmoideus, wie es scheint, der Schluß zu ziehen, daß die mehr lateral gelegenen Teile dieser Windung vorwiegend zu den Gefäßen der vorderen Extremitäten, seine mehr medial gelegenen Teile zu den Gefäßen der hinteren Extremität in Beziehungen stehen.

Was die wechselseitigen Beziehungen zwischen den Gefäß- und Herzerscheinungen bei der Rindenreizung betrifft, so ist zunächst darauf hinzuweisen, daß ein mäßiges Ansteigen des Blutdruckes nicht selten ohne jede oder zum mindesten ohne auffallende Veränderungen der Herztätigkeit vorhanden sein kann. In anderen Fällen besteht erhöhter Blutdruck gleichzeitig mit beschleunigter Herztätigkeit. Es können aber noch eine Reihe weiterer Kombinationen der Herz- und Gefäßveränderungen bei der Rindenreizung beobachtet werden, nämlich außer den zwei schon genannten: 3. äußerst hochgradiges Ansteigen des Blutdruckes mit Beschleunigung der Herztätigkeit, später übergehend in Verlangsamung der Herztätigkeit; 4. erhöhter Blutdruck, verbunden nur mit verlangsamter Herztätigkeit; endlich 5. primäres Sinken des Blutdruckes bei verlangsamter Herztätigkeit.

Schon diese Mannigfaltigkeit der Kombinationen zwischen Gefäß- und Herzerscheinungen einerseits und das Auftreten von Gefäßveränderungen ohne irgendwelche gleichzeitige Veränderungen der Herztätigkeit spricht unbedingt dafür, daß beide Erscheinungsreihen, wenn sie nicht selten in Verbindung mit einander auftreten, dennoch in Wirklichkeit von einander unabhängig sind.

Wenn jedoch Veränderungen der Herztätigkeit ohne gleichzeitige Alterationen der Tätigkeit des Gefäßsystemes nicht zur Beobachtung kommen, so ist dies nur ein Zeichen dafür, daß 1. die vasomotorischen Gebiete auch cardio-motorische Gebiete in sich enthalten, und daß 2. jene stärker erregbar sind, als diese. Nichtsdestoweniger treten die Herzwirkungen in keinem Falle überall als Folgeerscheinungen der Gefäßstörungen auf. Ja man kann vom Standpunkte der Selbständigkeit der

kortikalen Gefäßcentra nicht einmal sagen, daß die Herz- und Gefäßterritorien überall in vollkommen assoziierter Weise unter dem Einfluß eines und desselben Reizagens zur Wirkung gelangen. Wenn in dem einen Fall beschleunigte Herztätigkeit bei erhöhtem Blutdruck, ein anderes Mal bei herabgesetztem Blutdruck besteht, wenn wir in gewissen Fällen bei erhöhtem Blutdruck anfangs eine Beschleunigung, später eine Verlangsamung der Herztätigkeit antreffen, und manchmal auch eine primäre Verlangsamung der Herztätigkeit bemerkbar wird, so fehlt offenbar eine strenge Korrelation zwischen den Gefäß- und Herzerscheinungen. Im Experiment beruht dies zum Teil auf der Lage der Elektrodenapplikation, teils vielleicht noch auf anderen Bedingungen.

Meine Untersuchungsbefunde sprechen dafür, daß die bezüglich des Gefäßdruckes und der Herztätigkeit aktiven Rindenfelder territorial verschieden groß sind. Während die Gefäßgebiete einen überaus weiten Umfang aufweisen, sind die Herzgebiete der Gehirnrinde im Gegenteil räumlich mehr umschrieben und reichen anscheinend nicht in den vorderen Abschnitt des Gyrus sigmoideus und in die ihm angrenzenden Rindenpartien hinein.

Aber trotz des großen Wechsels der Herz- und Gefäßerscheinungen bei der Rindenreizung bildet der erhöhte Blutdruck bei beschleunigter Herztätigkeit die weitaus häufigste Kombination, in welcher diese Erscheinungen im Experiment auftreten; die beschleunigte Herztätigkeit kann bei stärkerer und anhaltenderer Reizung in verlangsamte Herztätigkeit übergehen.

Da in einer Reihe meiner Versuche primäre Verlangsamung der Herztätigkeit mit Verstärkung der einzelnen Kontraktionen (Vaguspuls) beobachtet wurde, während in anderen eine ebenfalls primäre Beschleunigung der Herztätigkeit mit Schwächung des Pulses auftrat, so ist anzunehmen, daß von der Gehirnrinde aus die Herztätigkeit sowohl im Sinne einer primären Hemmung, als auch im Sinne einer primären Beschleunigung beeinflußt werden kann. Wir haben es, anders ausgedrückt, im ersten Fall mit einer Wirkung zu tun, welche durch die Vagusbahn, im zweiten Fall mit einer Wirkung, welche durch die Herzbeschleuniger sich vollzieht.

Daß im erstgenannten Fall in der Tat der Vagus als Überträger der Rindenerregung funktioniert, ergibt sich aus den Erscheinungen bei der Durchschneidung dieses Nerven; denn nach diesem Eingriff tritt der kortikale Hemmungseffekt nicht mehr hervor.

Dagegen wird die Beschleunigung der Herztätigkeit dabei nicht aufgehoben, offenbar ein Zeichen dafür, daß diese Wirkung nicht von einer Hemmung des Vagus, sondern von einer Erregung der Herzbeschleuniger abhängt.

Es verdient volle Beachtung, daß die Wirkung der Gehirnrinde auf die Herztätigkeit eine gekreuzte ist, wie dies auch von den Rindenwirkungen auf das Gefäßsystem gilt.

Als sicher festgestellt erachte ich dies zum mindesten mit Bezug auf die Verlangsamung der Herztätigkeit. Denn bei der Reizung der rechten Hemisphäre braucht man nur den linken Vagus zu durchschneiden, um die Erscheinungen der Herzhemmung zum Verschwinden zu bringen, und umgekehrt hat bei der Reizung der linken Hemisphäre die Durchschneidung des linken Vagus den Erfolg, daß bei weiterer

Rindenreizung Erscheinungen einer Hemmung der Herztätigkeit nicht mehr auftreten.

Von Bedeutung für die Verhältnisse der Herztätigkeit im Experiment ist ferner der Umstand, daß die beschleunigte Herztätigkeit bei anhaltender Reizung einer oder derselben Rindenstelle nicht selten in verlangsamte Herztätigkeit übergeht. Wenn in einzelnen Fällen, wie wir gesehen haben, eine primäre Verlangsamung der Herztätigkeit zu Stande kommt, so überwiegt nichtsdestoweniger in der ungeheuren Mehrzahl der Fälle die primäre Beschleunigung der Herztätigkeit mit konsekutivem Übergang in Verlangsamung. Ich beobachtete dies sowohl bei erhöhtem Blutdruck, als auch in selteneren Fällen bei herabgesetztem Blutdruck.

Diese Verhältnisse sprechen wohl dafür, daß in der hier betrachteten Rindenregion sowohl beschleunigende, als auch hemmende Momente neben einander wirksam sind und daß jene in der Mehrzahl der Fälle schneller und leichter hervortreten, als diese. Letzteres hängt offenbar damit zusammen, daß die centralen Anfänge der Herzbeschleuniger in der Mehrzahl der Fälle erregbarer sind, als die centralen Abschnitte der Herzhemmer.

Zu betonen ist hier ferner, daß die Beschleunigung der Herztätigkeit und zumal ihre Verlangsamung in der Regel nicht mit dem Beginn der Blutdruckerhöhung zusammenfällt, sondern erst nach Verlauf eines längeren oder kürzeren Zeitraumes einsetzt, was augenscheinlich ein Zeichen ist, daß die Gefäßcentra der hier in Frage kommenden Rindenpartien erregbarer sind, als die Herzcentra. Dieser Umstand steht in vollem Einklange mit der Beobachtung, daß auch unter dem Einflusse psychischer Momente Gefäßveränderungen schneller und leichter auftreten, als Veränderungen der Herztätigkeit. Aus Untersuchungsbefunden meines Laboratoriums geht, wie ich hier zum Schluß noch anmerke, hervor, daß beim Hunde im Laufe des ersten Lebensmonates eine Erregbarkeit der Gehirnrinde bezüglich des Herzens und des Gefäßsystems noch gänzlich fehlt; sie tritt erst im Beginn des zweiten Monats deutlich hervor[1]), also offenbar viel später, als die motorische Erregbarkeit der Gehirnrinde.

c) Pathologische Zustände der Herz- und Gefäßcentra der Gehirnrinde.

Auch für den Menschen wird die Existenz besonderer kortikaler Herz- und Gefäßcentra durch die klinischen Erfahrungen wahrscheinlich gemacht.

Schon Botkin schilderte einen Fall von progressiver Muskelatrophie, wo bei depressiver Gemütsstimmung Verlangsamung der Herztätigkeit bestand.[2])

Volle Beachtung verdienen nach dieser Richtung hin auch die Ermittelungen von Tanhoffer und Wassilevski, welche sich auf Kranke und Gesunde beziehen.

Tarhanov beobachtete ferner einen jungen Mann, welcher seinen

---

[1]) Gartier, Über den Einfluß der Gehirnrinde und der Centralwindungen auf das Herz und auf das Gefäßsystem neugeborener Tiere. Obosrên. psihiatr. 1903.

[2]) S. P. Botkin, Ězened. klin. gaš. 1881.

Puls willkürlich von 70 auf 105 Schläge in der Minute erhöhen konnte.[1])

Analoge eigene und fremde Beobachtungen stellt Edw. Allen-Pease zusammen.

Ich hatte ebenfalls Gelegenheit, typische analoge Fälle zu beobachten.

Man kennt auch Fälle von willkürlicher Verlangsamung der Herztätigkeit.

Pathologische Fälle, welche sich auf die kortikale Lokalisation der Gefäßcentra des Menschen beziehen, sind von mir, Schüller, Rossolymo, Friedländer, Schlesinger und Anderen beigebracht worden. Besonders lehrreich erscheinen in dieser Beziehung Fälle von traumatischer Verletzung der motorischen Zone der Gehirnrinde, sowie Fälle von Neubildungen im Bereiche der motorischen Zone, welche auf operativem Wege exstirpiert wurden.

Schon im Beginn der 80iger Jahre veröffentlichte ich solche Fälle von traumatischer Läsion der motorischen Centra der Gehirnrinde, wo deutliche vasomotorische Störungen der kontralateralen Körperhälfte, bestehend in Veränderungen der peripheren Körpertemperatur, zu beobachten waren.[2])

In diesen Fällen hingen die Unterschiede der peripheren Körpertemperatur deutlich mit der bestehenden Läsion der Centralwindungen der Gehirnoberfläche zusammen.

Überzeugende Nachweise für den Einfluß von Rindenaffektionen auf die periphere Temperatur der kontralateralen Körperhälfte sind ferner durch Ripping beigebracht worden.[3])

Späterhin veröffentlichte ich mehrere Fälle von operativer Exstirpation kleiner Stellen der sensitiv-motorischen Rindenzone, wo man im Gefolge der Operation neben Veränderungen der peripheren Temperatur der kontralateralen Extremitäten ein Ansteigen des Gefäßdruckes und eine überaus hochgradige Beschleunigung der Herztätigkeit während vieler Tage beobachtete.

In einem meiner Fälle bestand eine auffallend verlangsamte Herztätigkeit bei Erscheinungen herabgesetzten Seitendruckes mit Ausgang in allgemeine Prostration und Tod. Bei der Sektion fanden sich gummöse Veränderungen der Gehirnoberfläche im Bereiche des unteren und eines Teiles des mittleren Abschnittes beider Centralwindungen.

Aus diesen Fällen ergibt sich mit Gewißheit, daß die Region der Centralwindungen, in deren Bereich man Stücke der Rindenoberfläche auf operativem Wege entfernte, beim Menschen ebensogut wie bei den Tieren Centra darstellen, wo sich die Leitungen für das Gefäßsystem und für das Herz konzentrieren.

d) Allgemeine Bedeutung der kortikalen Gefäß- und Herzcentra.

Es erübrigt hier zum Schluß, mit einigen Worten der Bedeutung zu gedenken, welche den kortikalen Centren des Herzens und des Gefäßsystemes im allgemeinen Haushalte der Organismustätigkeit zufällt.

---

[1]) Tarhanov, Archiv für die ges. Physiologie 1884.

[2]) W. Bechterew, Versuche einer klinischen Darstellung der Körpertemperatur bei Geisteskrankheiten, a. a. O.

[3]) Ripping, Allg. Zeitschr. f. Psychiatrie, Bd. 34.

Im Hinblick auf das vorhandene Beobachtungsmaterial ist es mehr als wahrscheinlich, daß die in Rede stehenden Centra Gebiete vorstellen, durch welche psychische Impulse bei den Emotionen der Gefäß- und Herzsphäre übermittelt werden. Im Gefolge dieser Impulse kommt es unter anderem zur Ausbildung von Spasmus und Erweiterung der peripheren Körpergefäße, sich äußernd in Erblassen und Rötung der entsprechenden peripheren Körperterritorien und bestimmten Veränderungen im Sinne einer Verlangsamung oder Beschleunigung der Herztätigkeit.

Da die psychischen Affekte durch sehr verschiedene Eindrücke, so z. B. durch optische, akustische, taktile, algetische Reize usw. bedingt werden können, so müssen die hier in Betracht kommenden Herzgefäßcentra direkt oder indirekt mit sämtlichen sensitiv-motorischen Centren, sowie mit anderen perzipierenden Centren in Verbindung stehen.

Wenn man sich ferner daran erinnert, daß unsere Motilität in bestimmten Beziehungen zu dem Verhalten des Herzgefäßsystemes steht, so ist anzunehmen, daß in diesem Falle außer reflektorischen, durch die Muskeltätigkeit bedingten Momenten auch jene funktionellen Beziehungen von Bedeutung sein werden, welche zwischen den sensitivmotorischen Regionen der Gehirnrinde und den Herzgefäßcentren vorhanden sind.

5. Die Wirkungen der Gehirnrinde auf die Milz.

Zu den Verhältnissen der Gefäß- und Herzcentra stehen in bestimmten Beziehungen die Wirkungen der Gehirnrinde auf die Kontraktionen der Milz und auf den Zustand der Geschlechtsorgane, soweit es sich dabei um Lichtungsveränderungen der in diesen Organen vorhandenen Blutgefäße handelt. Ich werde daher schon hier den Beziehungen der Gehirnrinde zu den Milzkontraktionen nachgehen und im Anschlusse daran die kortikale Innervation der Geschlechtsorgane behandeln.

a) Literarische Angaben.

Bochefontaine hat an einem kuraresierten Hunde die Beobachtung gemacht, daß bei der Reizung der Gegend des Gyrus sigmoideus neben Veränderungen der Atmung, des Blutdruckes, des Zustandes der Pupillen und der Sekretion der Unterkieferdrüse auch Kontraktionen der Milz auftreten unter Erblassung dieses Organes in einer Weise, wie dies bei der Reizung des peripheren Endes des Nervus splanchnicus ebenfalls der Fall zu sein pflegt.

Nach der Meinung Bochefontaine's sind diese Milzkontraktionen, gleichgültig, ob man sie von der Rinde her oder von irgend welchen sensiblen Leitungen, wie etwa vom Centralende des Vagus aus hervorrief, immer reflektorischer Natur.

Sodann suchte Bochefontaine die Rindenstelle, welche auf die Milzkontraktionen Einfluß übt, genauer zu eruieren. Sie entspricht nach seinen Befunden den Centren 1—3, 4 und 11 der Ferrier'schen Rindentopograhie. Bei der Reizung dieser Stellen kommt es zu Steifung, Erblassen, Kontraktion und Granulierung der Milz. Die Kontraktionen fallen, nach der Angabe Bochefontaine's, dabei lebhafter

aus, als bei der Reizung des centralen Endes des N. ischiadicus, sind aber fast ebenso energisch, wie im Falle der Reizung des centralen Vagus oder des peripheren Splanchnicusendes.

Von den Rindenpunkten 1, 4 und 11 aus erzielten Bochefontaine in seinen Versuchen gleichzeitig auch motorische Wirkungen im Bereiche des Magens und des Darmes, von den Stellen 1, 2 und 4 Sekretion der Unterkiefer- und Ohrspeicheldrüse, sowie Pupillenerweiterung.[1])

Wenn wir uns dann noch der Beobachtungen von Vulpian[2]) und Fr. Franck[3]) bezüglich des Auftretens lebhafter Milzkontraktionen im Verlaufe des epileptischen Anfalles erinnern, so ist damit im Grunde alles gesagt, was man hinsichtlich des Einflusses der Gehirnrinde auf die Milzkontraktionen aus der Literatur erfährt.

b) Experimentelle Untersuchungsbefunde.

Im Hinblicke auf diesen überaus insuffizienten Zustand der Erkenntnisse von den Beziehungen der Gehirncentra zu der Milztätigkeit veranlaßte ich in meinem Laboratorium eine allseitige Bearbeitung dieses in mehrfacher Hinsicht bemerkenswerten Gegenstandes.

Diese Untersuchungen (Dr. Erikson) führten zu dem Ergebnis, daß der Gyrus sigmoideus in ausgesprochenster Weise auf die Tätigkeit der Milz Einfluß übt. Öfters war jedoch auch von der nächsten Umgebung dieses Gyrus aus noch eine Wirkung auf die Milz hervorrufbar (Fig. 344).



Fig. 344.
Das Milzfeld der Gehirnrinde ist durch Strichelung hervorgehoben. Das dunkler gehaltene Areal ist bezüglich der Milz am empfindlichsten.

Den geringsten, oft auch gar keinen Einfluß auf die Milz hatten in diesen unseren Versuchen die occipitalen Teile der Gehirnoberfläche, die Schläfenwindungen, sowie die vorderen Partien des Stirnlappens.

Bemerkenswert erscheint dabei zunächst, daß diese Grenzwerte mit jener Grenze sehr nahe übereinkommen, welche ich für das vasomotorische Feld der Gehirnrinde nachwies.[2])

In der Tat erkannte man in den Versuchen, wo die Kanüle gleichzeitig in die Milzarterie und in eine der Cruralarterien kuraresierter Tiere eingeführt wurde, daß bei voller Paralyse der willkürlichen Mo-

---

[1]) M. Bochefontaine, Sur la contraction de la rate etc. Gaz. Médicale de Paris 1875. — Étude expérim. sur l'influence etc. Arch. de phys. norm. et pathol., Paris 1876, t. 3 série 12, S. 164.

[2]) Vulpian, Expérim. relatives aux phénomènes etc. Comptes rendus, 1885, t. 100.

[3]) François Franck, Léçons sur les fonctions moteurs du cerveau etc. Paris 1887. — Influences des excitations simples et épileptiques du cerveau. 1888, t. 107.

tilität und bei künstlicher Atmung die Stromreizung des Gyrus sigmoideus einen gänzlichen Parallelismus beider Kurven ergab. Sämtliche Wirkungen erzeugten ganz gleiche Veränderungen an der Cruralis- und Milzkurve; beide zeigten vollkommen synchronische Atmungs- und Pulsschwankungen. Es gelingt überhaupt nicht, im Bereiche des Gyrus sigmoideus eine Stelle ausfindig zu machen, deren Reizung irgend eine Veränderung der Milzkurve ohne entsprechende, den allgemeinen Blutdruck betreffende Veränderungen der Cruraliskurve hervorrufen würde.

Die Reizung der Gehirnrinde im Gebiete des Gyrus sigmoideus mit Faradischen Strömen von 10—12 cm Rollenabstand des Du Bois-Reymond'schen Schlittenapparates ergab an kuraresierten sowohl, wie an nicht kuraresierten Versuchstieren stets ein Ansteigen des Druckes in der Milzarterie ebensogut, wie in der Schenkelarterie und zugleich eine Abnahme des Milzvolumens (Fig. 345). Bei einer Steigerung des Stromes auf 8 cm Rollenabstand nimmt die Milzkontraktion und das allgemeine Ansteigen des Blutdruckes in noch höherem Maße zu.

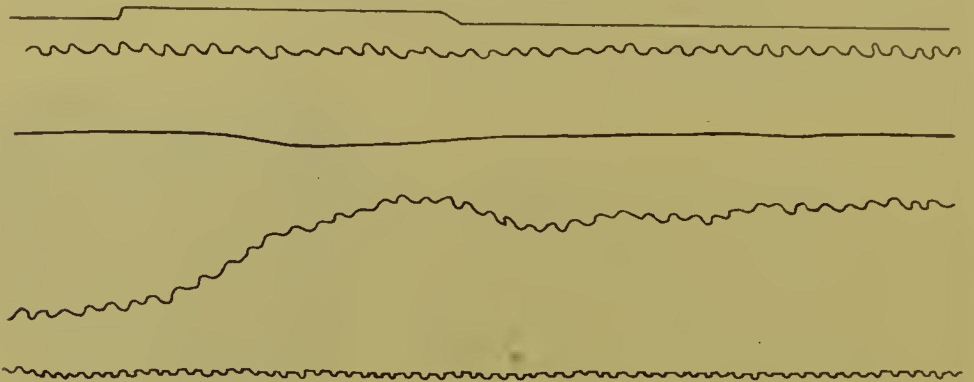


Fig. 345.

Milzkontraktionen mit gleichzeitigem Ansteigen des Blutdruckes in der linken Schenkelarterie bei elektrischer Reizung des mittleren Teiles des Gyrus postcruciatus, bei Mangel von Krämpfen. — Von oben nach unten: 1) Indikator, 2) Respiration, 3) Milz, 4) linke Schenkelarterie, 5) Chronogramm in Sekunden.

Aus allen diesen Befunden geht mit Sicherheit hervor, daß die Wirkungen der Gehirnrinde auf die Milz in den meisten Fällen auf einem vasomotorischen Einflusse beruhen.

Jedoch muß bemerkt werden, daß in einem unserer Fälle ein epileptischer Anfall bei unterbundener Milzarterie und erhaltenen Nerven zur Ausbildung starker Milzkontraktionen führte, während in der Schenkelarterie gleichzeitig kein Ansteigen des Blutdruckes eintrat. Dies ist offenbar ein Zeichen dafür, daß unter gewissen Verhältnissen auch lokale, von den Veränderungen des allgemeinen Blutdruckes unabhängige Wirkungen auf den Zustand der Milz vorhanden sein können (Fig. 346).

Immer vollziehen sich die Milzkontraktionen bei der Stromreizung der Gehirnrinde in langsamer Weise, Hand in Hand gehend mit dem Ansteigen des allgemeinen Blutdruckes. Bei dem Aussetzen des Reizes erschlafft die Milz ebenso langsam. Dabei hat die Unterbindung der Milzarterien keinen wesentlichen Einfluß auf das Verhältnis zwischen Blutdruckniveau und dem Grade der Milzkontraktion (Fig. 346).

Man erkennt ferner im Experiment, daß auch der Charakter der Milzreaktion stets dem Charakter der Blutdruckveränderungen entspricht. Wir haben vorhin gesehen, daß man von einigen Rindenstellen aus stets ein primäres Absinken des Blutdruckes erhält bezw. eine vasodilatatorische Wirkung eintritt. In diesen Fällen kommt es nicht zur Zusammenziehung, sondern zu einer Schwellung der Milz (Fig. 347).

Bei der Reizung des vorderen Abschnittes des Gyrus sigmoideus bezw. des Gyrus praecruciatus erhielt man in unseren Versuchen ein Ansteigen des Blutdruckes und fast gleichzeitig damit kam es zu einer Zusammenziehung der Milz. Die Reizung des äußeren Teiles der genannten Windung hatte einen analogen Effekt, aber nicht selten kam

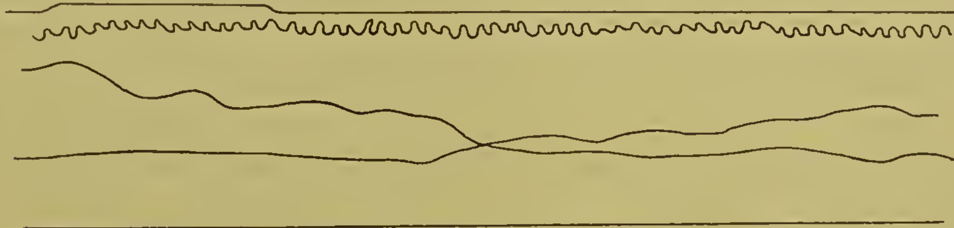


Fig. 346.
Milzkontraktionen infolge von Reizung der Mitte des Gyrus postcruciatus bei unterbundener Milzarterie. — Bezeichnungen wie in der vorigen Figur.



Fig. 347.
Schwellung der Milz und nachfolgende Kontraktion derselben infolge von Reizung der Mitte des rechten Gyrus postcruciatus bei unterbundener Hauptvene. — Es bedeuten von oben nach unten: 1) Indikator, 2) Milz, 3) Schenkelarterie, 4) Sek.

es hier, ganz wie in meinen früheren Versuchen, zu einem primären Abfall des Blutdruckes und dementsprechend wiederum zu einem Anschwellen der Milz.

In einem Fall trat bei der Reizung des äußeren-hinteren Abschnittes des Gyrus sigmoideus schnelles Fallen des Blutdruckes bei gleichzeitigem Anschwellen der Milz ein. Das betreffende Versuchstier ging darauf zu Grunde.

Im Falle der Reizung des postero-lateralen Teiles des Gyrus sigmoideus erfolgt in der Regel eine starke Inspiration und darauf ein leichtes Anschwellen der Milz, welche sich sodann langsam zu kontrahieren beginnt. Dieses Anschwellen fällt, wie sich herausstellte, zeitlich zusammen mit einer auffallenden Veränderung der Herztätigkeit bei erhöhtem allgemeinem Blutdrucke.

Der mittlere Teil des hinteren Abschnittes des Gyrus sigmoideus ergibt anscheinend stärkere Milzkontraktionen, als die Reizung des

vorderen Abschnittes des Gyrus sigmoideus. Diese Wirkung bleibt sich auch in dem Falle gleich, wenn man vorher die Arterien der Milz unterband, nur tritt sie in letzterem Fall ein wenig langsamer ein.

Bei der Unterbindung sämtlicher Milzvenen beobachtet man auf Rindenreizung hin gewöhnlich ein Anschwellen der Milz. Gibt man dem venösen Milzblut wieder Abzug, so kommt es in der Regel zu einer starken Zusammenziehung der Milz.

Bleiben die Blutgefäße der Milz unversehrt, und werden die Milznerven durchschnitten, so kommt es meist schon bei mäßigem Ansteigen des Blutdruckes zu einer Quellung der Milz.

Jedoch übt die Gehirnrinde eine Wirkung nicht allein auf die Blutfüllung der Milz, sondern auch auf den Milzrhythmus. Dieser steigt von 2—3 in der Minute häufig auf 7—8, namentlich wenn man die Milzarterien unterbindet. In anderen, wenn auch selteneren Fällen kommt eine Hemmung des Milzrhythmus zur Beobachtung.

Diese Veränderungen des Milzrhythmus erfolgen gewöhnlich Hand in Hand mit entsprechenden Veränderungen des Milzvolumens. Dabei kommt es nach Ablauf einer bestimmten Latenzperiode vor allem zu einem Ansteigen des Blutdruckes; 2—3 Sekunden später setzt eine Kontraktion der Milz ein, und noch 10 Sekunden später kommt es zu einer Frequenzzunahme des Milzrhythmus, welche gewöhnlich eine sehr auffallende ist, besonders wenn vorher die Milzarterien unterbunden werden.

Ein getrennter Einfluß der Gehirnrinde nur auf den Milzrhythmus allein ist nicht nachweisbar. Doch sind die Veränderungen des Milzrhythmus offenbar nicht vasomotorisch bedingt. Es müssen nach diesen Beobachtungen in der Rinde besondere Centrifugalleitungen angenommen werden, welche auf den Zustand der Milz einwirken.

Bei der Abtragung der Gehirnhemisphären zieht sich die Milz nicht selten lebhaft und plötzlich zusammen und zwar viel schneller, als es zu einem Ansteigen des Blutdruckes kommt. Diese Tatsachen sind ein neuer Beweis dafür, daß die Gehirnrinde nicht nur vasomotorisch, sondern auch spezifisch motorisch auf die Milz einwirkt. Wenn eine analoge Erscheinung bei der Abtragung einer Hemisphäre allein nicht auftrat, so war sie meist nach geschehener Abtragung der anderen Hemisphäre ausgesprochen.

In einem Falle beobachtete man eine Zusammenziehung der Milz bei der vorsichtigen Abtragung des Gyrus sigmoideus.

Die Latenzperiode der Milzkontraktionen im Gebiete des Gyrus sigmoideus betrug im Durchschnitt 4—10 Sekunden.

Zu erwähnen ist außerdem, daß die Erregbarkeit des Gyrus sigmoideus bezüglich der Milz früher verschwindet als ihre Erregbarkeit für die quergestreifte Körpermuskulatur.

Endlich verdient es Beachtung, daß psycho-reflektorische Momente in hohem Grade an der Milz sich aussprechen, wenigstens soweit die psychischen Emotionen von Veränderungen des Blutdruckes begleitet werden. So z. B. beobachtete man in unseren Versuchen öfters Milzkontraktionen bei Hunden, die vor der Operation aufgeregt waren. Auch das Heulen des Versuchstieres als Antwort auf das Geheul eines anderen Tieres im Falle der Abtragung größerer Rindenflächen wurde begleitet von einem Ansteigen des Blutdruckes und einer geringen

Zusammenziehung der Milz, eine Erscheinung, welche auf Reflex durch den Thalamus zurückführbar ist.

Zufolge den Untersuchungsbefunden meines Laboratoriums (Dr. Osipov)[1]) kommt es während des durch Rindenreizung hervorgerufenen epileptischen Anfalles zu hochgradigen Kontraktionen der Milz. Weitere eingehendere Studien nach dieser Richtung (Dr. Erikson) haben uns gezeigt, daß auffallende Milzkontraktionen besonders häufig in der klonischen Phase des durch Rindenreizung erzeugten epileptischen Anfalles oder bald nach dem Aufhören der Krämpfe zu beobachten sind. Je nach dem Charakter und dem Wechsel der Krämpfe während des epileptischen Anfalles variiert auch der Zustand der Milz. Während der tonischen Phase des epileptischen Anfalles z. B. kommt es, trotz des Ansteigens des Blutdruckes, zu einer gewissen Schwellung der Milz, und zwar findet man dies an atropinisierten und kuraresierten Versuchstieren ebensogut, wie an Tieren, die nicht mit Atropin oder Kurare behandelt werden.

Selbst während epileptischer Anfälle, welche nicht Folge elektrischer Rindenreizung sind, kommt die Milz in einen Zustand lebhafter Kontraktionen in der klonischen Phase. Nach Beendigung des Anfalles nimmt sie nur außerordentlich langsam wieder ihre frühere Größe an, und zwar kehrt das normale Milzvolumen in diesem Fall langsamer wieder, als der normale Blutdruck.

Man beobachtet ferner, wie das Experiment bezeugt, Kontraktionen der Milz während der klonischen Phase des epileptischen Anfalles bei Unterbindung sämtlicher zuführenden Milzgefäße und selbst nach vollzogener Durchschneidung der Nerven bei Erhaltung der Blutgefäße; nur sind die Milzkontraktionen in letzterem Fall ein wenig schwächer.

Auch zu einem Anschwellen der Milz in der tonischen Periode kann es nach geschehener Unterbindung der Milzgefäße kommen.

In einem Versuche erfolgten nach der Unterbindung der Milzarterien, aber bei Erhaltung der Nerven im epileptischen Anfall starke Milzkontraktionen ohne gleichzeitige Veränderungen des Blutdruckes in der Schenkelarterie.

Alle diese Befunde sind ein offenbares Zeugnis für die spontane Kontraktilität der Milz bei der Reizung der Rindencentra.

c) Pathologische Verhältnisse.

Aus dem Bereiche klinischer Erfahrung ist hier zunächst einer Beobachtung von Botkin zu gedenken, wo es sich um Anschwellung der Milz nach Apoplexie der linken Körperhälfte handelte.[2])

Botkin berichtet ferner über einen Fall von Leukämie, wo bei Vorhandensein depressiver Gemütszustände die Milz an Volum zunahm, bei psychischer Erregung abnahm. Die Milz wurde z. B. fester, wenn der Kranke etwas schnell tun wollte. In zwei weiteren Fällen beobachtete Botkin eine Abnahme der Milzgröße bei psychischer Erregung und Schreck. Bei einer Dame, welche nach einer fieberhaften Krankheit

---

[1]) Osipov, Über die Kontraktionen des Magens, des Darmes und der Harnblase während des epileptischen Anfalles. Dissert St. Petersburg 1898.

[2]) S. P. Botkin, Über die Zusammenziehung der Milz, 1874.

eine vergrößerte Milz hatte, wurde letztere stets größer und druckempfindlich, wenn die Patientin Unannehmlichkeiten hatte. Botkin betont ferner die Existenz von Beziehungen zwischen den Geschlechtsfunktionen und dem Tonus der Milz.

In einem Fall beobachtete er eine Volumabnahme der vergrößerten Milz während der Schwangerschaft, sowie im regelrechten Coitus. Vor dem Eintritt der Regel nimmt die Milz gewöhnlich an Größe zu, nach der Menstruation schwillt sie dagegen ab. Selbst Leucaemia splenica kann sich, wie Botkin bemerkt, bei depressiven Gemütszuständen ausbilden.

Botkin bezog diese Erscheinungen auf cerebrale Milzcentra, welche den Tonus der Milz regulatorisch beeinflussen. Die jetzt vorliegende Entdeckung dieser Centra in der Gehirnrinde bestätigt die Richtigkeit seiner Auffassung.

6. Die Wirkungen der Gehirnrinde auf die Motilität im Bereiche der Geschlechtsorgane.

Es hat, wie schon erwähnt, eine gewisse Berechtigung, hier im Anschlusse an die Rindencentra der Milz die Wirkungen der Gehirnrinde auf die Geschlechtswerkzeuge zu behandeln, sofern bei den Verrichtungen dieser Werkzeuge außer Muskelfunktionen auch bestimmte Gefäßveränderungen zu hervorragender Bedeutung gelangen und einen wesentlichen Bestandteil dieser Verrichtungen ausmachen.

So groß und offenbar auch die Bedeutung der psychischen Sphäre ist, so außerordentlich spärliche Kunde liefert uns die physiologische Literatur von den Wirkungen der Gehirnrinde auf den Zustand dieser Körperverrichtungen.

a) Die Rindencentra der Scheidenbewegungen.

Soviel mir bekannt, sind die Untersuchungen, welche ich in Verbindung mit Mislawski in den Jahren 1890/1891 an Kaninchen und Hunden behufs Eruierung des Einflusses der Gehirnrinde auf die Scheidenbewegungen ausführte[1]), die ersten auf diesem Gebiet.

Alle diese Versuchsreihen wurden mittels graphischer Registrierung der Bewegungen ausgeführt. Ich brachte einen zarten Gummiballon durch die äußere Geschlechtsspalte oder durch eines der Uterushörner in die Scheide, verband ihn dann, nach geschehener Anfüllung mit Wasser, mit einem Wassermanometer, und übertrug die Schwankungen der Wassersäule des Manometers mittels des Marey'schen Apparates auf eine Trommel.

Ich erkannte im Verlaufe dieser Versuche, daß von der Gehirnrinde aus bei Anwendung entsprechender Reize sowohl eine Erregung, als auch eine Hemmung der Scheidenbewegungen erzielt werden kann.

Bei dem Kaninchen befindet sich die Rindenstelle, deren Reizung Veränderungen der Scheide gibt, in der gleichen Region der Gehirnrinde, wo sich auch die motorischen Centra vorfinden. Die auf Reizung hin eintretende Scheidenerregung äußert sich beim Kaninchen in einer mehr oder weniger lebhaften Beschleunigung und Verstärkung

---

[1]) W. Bechterew u. N. Mislawski, Über die Hirncentren der Scheidenbewegungen bei Tieren. Arch. f. Anat. u. Physiologie 1891, S. 380ff.

der Scheidenkontraktionen (Fig. 348 u. 349), während der Hemmungseffekt zu einer Verlangsamung dieser Kontraktionen führt (Fig. 350), manchmal aber auch in einem mehr oder weniger anhaltenden Stillstand derselben zum Ausdrucke kommt.



Fig. 348.
Reizung der motorischen Zone der Gehirnrinde des Kaninchens. Die untere Linie zeigt die Reizdauer an. Steigerung der Scheidenkontraktionen.

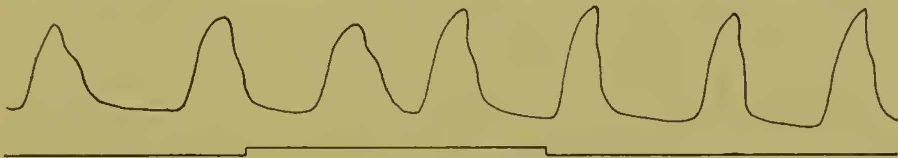


Fig. 349.
Beschleunigung der normalen Scheidenkontraktionen bei Reizung der motorischen Rindenzone des Kaninchens. — Unten: Reizindikator.



Fig. 350.
Verlangsamung der Scheidenkontraktionen bei Reizung der motorischen Rindenzone des Kaninchens. — Unten: Reizindikator.

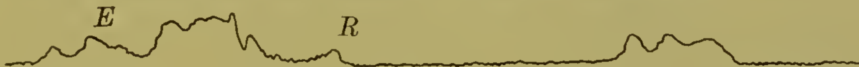


Fig. 351.
Steigerung der Vaginalkontraktionen bei Reizung des Gyrus sigmoideus des Hundes. *R* Anfang, *E* Ende der Reizung. Die Kurve läuft von rechts nach links.



Fig. 352.
Hemmungswirkung der Reizung des Gyrus sigmoideus des Hundes. Bezeichnungen wie in voriger Figur.

Auch am Hundegehirn übt vor allem der Gyrus sigmoideus einen Einfluß auf die Scheidenbewegungen aus. Nur in wenigen Fällen gelang es auch von dem dem äußeren-hinteren Abschnitt des Gyrus sigmoideus angrenzenden Rindenfelde eine Wirkung auf die Scheide zu erzielen. Wie beim Kaninchen, so erhält man auch beim Hunde vom Gyrus sigmoideus aus sowohl erregende (Fig. 351), als auch hemmende Wirkungen (Fig. 352) auf die Scheidenbewegungen. Im ersten Fall

kommt es zu einer mehr oder weniger auffallenden Beschleunigung und Steigerung der normalen Scheidenkontraktionen, im zweiten Fall bewirkt die Reizung eine Abnahme oder Verlangsamung, ja einen vorübergehenden Stillstand der Scheidenkontraktionen.

Die durch Reizung der Gehirnrinde hervorgerufene Steigerung der Scheidenkontraktionen äußert sich für gewöhnlich in der Ausbildung sehr hoher und langer Kontraktionswellen, nicht selten mit mehreren Gipfeln von ungleicher Höhe. Aber nach dem Aussetzen des Reizes erfolgt meist eine Verlangsamung und Abschwächung der Scheidenkontraktionen bezw. ein vorübergehender Stillstand derselben.

Die umgekehrten Erscheinungen finden im Falle der Ausbildung einer Hemmungswirkung statt. Anfänglich kommt es bei der Reizung zu einer Abschwächung und Verlangsamung oder auch zu einem kompletten Stillstand der Scheidenkontraktionen, was gewöhnlich während der ganzen Reizungsdauer so bleibt; daran aber schließt sich gewöhnlich eine außerordentlich hochgradige Steigerung der Scheidenkontraktionen, sich äußernd in dem Auftreten einer mehrgipfeligen oder mehrerer Wellen von mehr oder weniger beträchtlicher Höhe und Länge.

In einigen Versuchen beobachtete man nach einem vorübergehenden Stillstand der Scheidenkontraktionen sogar echten Scheidentetanus, bestehend in einer einzigen lebhaften und langdauernden Zusammenziehung.

Wenn die Auslösung einer Hemmungswirkung zeitlich mit einer stärkeren Zusammenziehung der Scheide koinzidiert, so ließ diese sogleich schnell nach und verschwand vollständig; fiel der Hemmungsreiz fort, dann erfolgten, wie gewöhnlich, wieder stärkere Scheidenkontraktionen.

Aus dem allgemeinen Verhalten der Erscheinungen, welche bei der Reizung der Gehirnrinde auftraten, war also mit Sicherheit zu eruieren, daß der Einfluß der Gehirnrinde auf die Bewegungen der Scheide sich auf Grund eines lokalisierten Nervenmechanismus vollzieht, welcher einen bestimmten Muskeltonus der Scheide unterhält und ihre spontanen periodischen Kontraktionen bedingt. Eine stärkere Erregung dieses Mechanismus bei anhaltender Reizung führt infolge der Ermüdung desselben zu einem Überwiegen der Hemmungswirkungen, während das Stillstehen der Scheidenkontraktionen unter dem Einfluß kortikaler Impulse ein konsekutives Überwiegen des erregenden Einflusses bedingt, welcher dann zu einer Steigerung und Beschleunigung der Scheidenkontraktionen führt.

Was nun die Lage der Rindenstellen betrifft, welche erregend oder hemmend auf die Scheidenkontraktionen wirken, so geht in dieser Beziehung aus meinen Versuchen hervor, daß man eine Erregung der Scheidenbewegungen mit konsekutiver Hemmung derselben am konstantesten bei der Reizung des hinteren Abschnittes des Gyrus sigmoideus (dessen allerlateralsten Teil ausgenommen), sowie bei der Reizung der allermedialsten Punkte des inneren Feldes des Gyrus sigmoideus erhält; dagegen bewirkte die Reizung des am meisten lateral gelegenen Teiles des hinteren Abschnittes des Gyrus sigmoideus, des Übergangsteiles zwischen hinterem und vorderem Abschnitt und der von mehr nach außen befindlichen Punkte des vorderen Teiles des Gyrus sig-

moideus in meinen Versuchen eine Hemmung der Scheidenbewegungen mit konsekutiver Verstärkung dieser Bewegungen.

Man muß übrigens bedenken, daß bezüglich der topographischen Anordnung der hinsichtlich der Scheidenbewegungen wirksamen Rindenfelder nicht unbedeutende individuelle Abweichungen zu bemerken sind. Außerdem hat auch der Zustand der Rindenerregbarkeit einen ungeheuren Einfluß auf die erzielte Wirkung; manchmal gelingt es, von einem gegebenen Rindenfelde aus eine entsprechende Wirkung hervorzurufen, ein anderes Mal bleibt diese Wirkung daselbst aus oder es tritt ein entgegengesetzter Effekt auf.

Letzteres ist offenbar ein Zeichen dafür, daß wir es in der Gehirnrinde im Grunde nicht mit einer strengen Differenzierung der erregend- und hemmend-wirksamen Gebiete zu tun haben. Man darf vielmehr annehmen, daß für die Scheidenbewegungen nur eine einheitliche Zone in der Gehirnrinde besteht, welche beide Reihen von Wirkungen liefert, wobei jedoch unter normalen Verhältnissen an der einen Stelle die erregenden, an der anderen die hemmenden Einflüsse vorwiegen. Verändert sich aber die Erregbarkeit einer Rindenstelle oder ändert man die Stromstärke, so kann an Stelle einer Hemmungswirkung Erregung auftreten oder umgekehrt.

Im Gegensatze zu den Scheidenkontraktionen, welche man bei der Reizung des Rückenmarkes und des Verlängerten Markes, sowie des Thalamus opticus erhält, führt die Erregung der Gehirnrinde nicht zum Auftreten einer einmaligen längeren Kontraktion, sondern bewirkt meist entweder eine mehrgipfelige Kontraktion von beträchtlicher Höhe und Länge oder mehrere schnell auf einander folgende Kontraktionen von ansehnlicher Stärke. Dabei erscheint auch die Latenzdauer der Reizung größtenteils als eine überaus lange, ein Umstand, welcher ebenfalls mit der Annahme übereinstimmt, daß sowohl Erregungs-, als auch Hemmungseffekte von einer und derselben Rindenstelle aus erzielbar sind und daß die eintretende Wirkung im Grunde nur das jeweilige Überwiegen der Erregung oder Hemmung zum Ausdrucke bringt.

Es vollzieht sich hierbei während einer gewissen Zeit, welche der Latenzdauer entspricht, eine Art Kampf zwischen Erregung und Hemmung. Sobald die eine von beiden Wirkungen schließlich die Oberhand gewinnt, dann kommt es zu einem mehr oder weniger hochgradigen, wenn auch bezüglich der Intensität gewissermaßen schwankenden Ansteigen der Kurve.

b) Die Rindencentra der Uterusbewegungen.

Man muß die Wirkungen der Gehirnrinde auf die Scheidenbewegungen aus mehreren Gründen im Zusammenhange mit den kortikalen Einflüssen auf die Motilität des Uterus betrachten.

Bis in die neueste Zeit hinein gab es auf diesem Gebiete nur sehr unvollständige Angaben. Viele Autoren stellten sogar das Bestehen von Rindeneinflüssen auf die Gebärmutterbewegungen gänzlich in Abrede.

1. *Literarische Übersicht.* — Schon Heddaeus beobachtete (1852) bei der Reizung der Gehirnrinde in einem Versuche Uteruskontraktionen; aber diese Beobachtung blieb von anderen fast unbemerkt.

Die späteren Untersucher gelangten in dieser Beziehung zu negativen Ergebnissen.

Nach den Angaben von Hauch erzielt man Uterusbewegungen vom Kleinhirn, sowie vom ganzen Rückenmark und Verlängerten Mark, besonders von dem Lenden- und Sakralteile des Rückenmarkes, während die Reizung der Gehirnrinde in seinen Versuchen keine Uterusbewegungen hervorrief. Wohl aber führte die Reizung der tiefen Teile der Hemisphären gewöhnlich zu Uteruskontraktionen, eine Erscheinung, welche Hauch durch Reizausbreitung auf das Cerebellum zu erklären suchte.[1])



Fig. 353.
Gehirn des Kaninchens. — Das Rindenfeld, dessen elektrische Reizung beim Kaninchen Einfluß auf die Uterusbewegungen hat, ist durch Strichelung umzogen.

Gelegentliche Bemerkungen über diesen Gegenstand verdankt man ferner Bochefontaine. Es gelang ihm in einem Versuche, durch Reizung des Gyrus sigmoideus Uteruskontraktionen hervorzurufen. Doch faßte er die Wirkung als eine reflektorisch bedingte auf.

2. *Experimentelle Untersuchungsbefunde.* — Um die Wirkungen der Gehirnrinde auf die Bewegungen des Uterus genau zu verfolgen, ließ ich in meinem Laboratorium eine systematische Reihe dahinzielender Versuche an Kaninchen unter Anwendung der graphischen Darstellungsmethode ausführen (Dr. Plohinski).[2])



Fig. 354.
Die Nervencentra der Uterusbewegungen beim Kaninchen. Das kortikale Uteruscentrum ist durch die Nadel *a* (rechts) angezeigt; am Orte des thalamischen Uteruscentrums ist eine starke Nadel (links) eingeführt. — Das obere und untere Bild gehören zu verschiedenen Gehirnen.

---

[1]) Hauch, Über den Einfluß des Rückenmarkes und Gehirns auf die Bewegungen des Uterus. Inaug.-Diss. 1879, Halle.

[2]) Plohinski, Obosrên. psihiatr. 1902.

Man eröffnete behufs späterer Registrierung der Uterusbewegungen die Bauchhöhle, suchte beide Uterushörner auf und zog sie nach außen vor, worauf in eines der Uterushörner ein kleiner Ballon eingeführt wurde. Man legte zu diesem Zwecke an dem ovarialen Ende des Hornes einen kleinen Schnitt an, durch welchen ein feiner Katheter mit daran geheftetem Ballon eingeführt und durch das Horn und den Cervikalkanal und weiterhin entweder durch die äußere Schamspalte oder durch eine künstliche Öffnung im unteren Teil der Scheide so lange nach außen geschoben wurde, bis der Ballon im Uterus festsaß. Den in den Uterus eingeführten Ballon füllte man mit Wasser und verband dann den Katheter mit einem Manometer zwecks Übertragung der Volum-

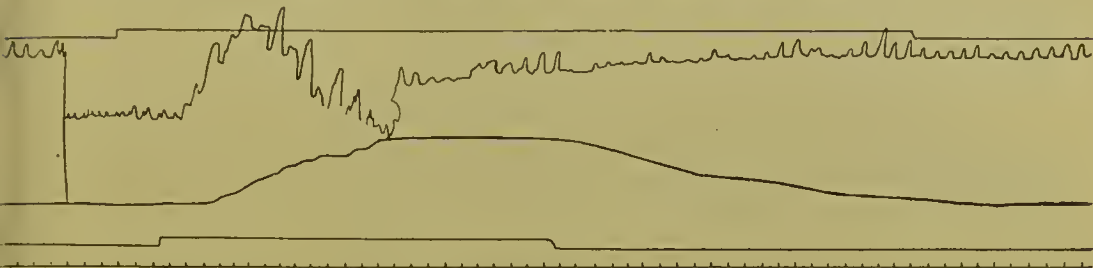


Fig. 355.
Trächtiges Kaninchen. — Obere Kurve: Reizung der motorischen Zone der Gehirnrinde. Untere Kurve: Reizung des vorderen Teiles des Thalamus.

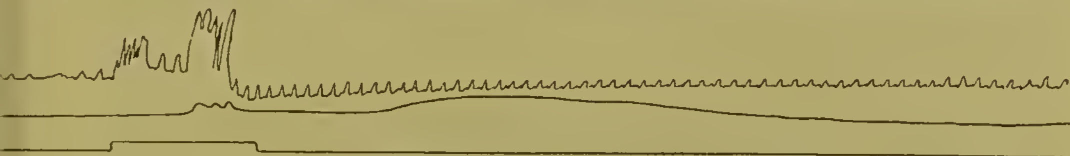


Fig. 356.
Spontane Steigerung der Uterusbewegungen nach erfolgter Reizung der motorischen Rindenzone.



Fig. 357.
Selbständiges Ansteigen der Uteruskurve beim Kaninchen.

schwankungen des Ballons auf eine rotierende geschwärzte Trommel. — Es versteht sich von selbst, daß jede Kontraktion des Uterus zu einer Volumabnahme des Ballons und zu einem Fallen der Kurve führte. — Im allgemeinen handelte es sich also um ein analoges Verfahren, wie das von mir zur Untersuchung der Scheidenbewegungen früher angewandte.

Man bediente sich zu den Versuchen gewöhnlich trächtiger Kaninchen und solcher, die schon einmal geworfen hatten. Trächtigen Kaninchen wurde der Ballon direkt in ein Horn ohne Katheterisierung des Uterus eingeführt. Sämtliche Versuche verliefen ohne Narkose, jedoch unter Anwendung einer 2 proz. Cocainlösung.

Im Endresultate dieser Experimente stellte sich nun der mediale Teil der motorischen Zone der Gehirnrinde als diejenige Stelle heraus, welche im Falle ihrer Reizung Uteruskontraktionen ergibt.

Manchmal liegt das Uterusfeld ganz im hinteren Teil der motorischen Zone am Innenrande der Hemisphäre, in anderen Fällen etwas mehr nach außen.

Wenn der Uterus sich schon spontan kontrahiert (Fig. 357), dann steigern sich die Kontraktionen bei der Reizung des Uterusfeldes noch mehr (Fig. 358). Wenn jedoch während der Versuchsdauer spontane Uteruskontraktionen nicht vorhanden sind, so bewirkt die Reizung des Uterusfeldes nicht selten mehrfache rhythmische Kontraktionen. Seltener erhält man in solchen Fällen eine einmalige Kontraktion, doch kommt auch in diesem Falle bei wiederholter Reizung ein Uterusrhythmus zu Stande.

In einigen Fällen erzeugte die wiederholte Rindenreizung immer lebhafter werdende Kontraktionen des Uterus (Fig. 359). Wenn man den Reiz aussetzte, wurden die Uteruskontraktionen gewöhnlich schwächer und

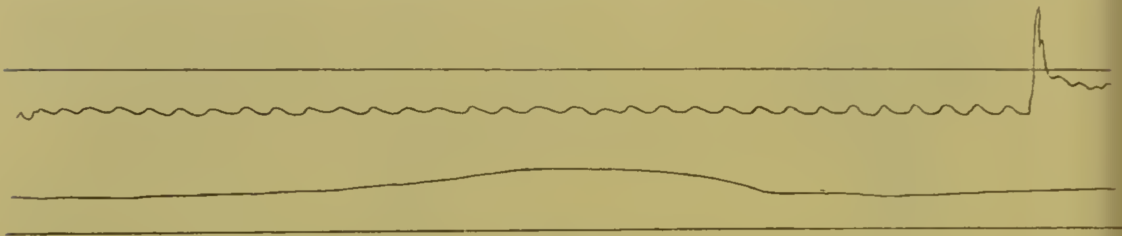


Fig. 358.
Steigerung der Uterusbewegungen bei Reizung des Feldes *a* im Bereiche der motorischen Rindenzone.

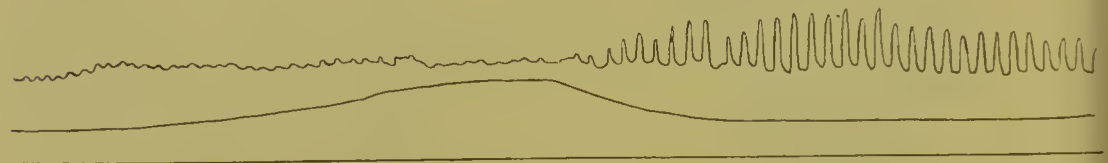


Fig. 359.
Uteruskontraktionen nach Reizung der Gehirnrinde im Felde *a*.

hörten schließlich definitiv auf: sobald man aber den Reiz von neuem appliziert, kommen in einigen Fällen wieder Kontraktionen des Uterus und Uterusrhythmus zu Stande, nur daß die Erregbarkeit des Uterusfeldes im Laufe des Versuches mehr und mehr abnimmt.

Erwähnt sei, daß die Wirkung des Uteruscentrums eine zweiseitige ist; denn man erhält die obigen Wirkungen gleichermaßen von den beiden Gehirnhemisphären aus.

Die Latenzperiode der Reizung ist auch hier, wie im Falle der Anregung von Scheidenbewegungen, eine äußerst lange. Sie betrug 10—16—30 und mehr Sekunden.

In einzelnen Versuchen konnte erkannt werden, daß man von der Rinde auch hemmend auf die Uterustätigkeit einwirken kann. Es sind also auch hier erregende und hemmende Wirkungen zu unterscheiden. Jene äußern sich in einer Anregung und Verstärkung der rhythmischen Uteruskontraktionen, diese in einer Abschwächung oder auch in totalem Stillstand des Uterusrhythmus.

Der Uterusrhythmus, primär von der Tätigkeit der im Uterusgewebe eingelagerten anatomischen Ganglien abhängend, unterliegt also einem gewissen Einfluß seitens der Gehirncentra und erfährt schon unter gewöhnlichen Verhältnissen bald eine Verstärkung und Beschleunigung, bald eine Schwächung und Verlangsamung auf Grund von Impulsen, welche von den Centralorganen herkommen. Darauf beruht es auch, daß im Anschlusse an die Reizung der Rindencentra, sowie der entsprechenden Centra des Thalamus (deren Vorhandensein auch in diesen Versuchsreihen erhärtet werden konnte) der Uterusrhythmus zunimmt oder ein (vorher nicht vorhanden gewesener) Uterusrhythmus neu einsetzt, während dieser Rhythmus in manchen Fällen mehr oder weniger gehemmt wird bezw. gänzlich zum Stillstande kommt.

Was die auffallende Länge der Latenzperiode der Uteruskontraktionen bei der Rindenreizung betrifft, so ist dieselbe wahrscheinlich dadurch zu erklären, daß bei der Reizung des Uterusfeldes sowohl erregende, als auch hemmende Einflüsse sich geltend machen, so aber, daß schließlich die ersteren das Übergewicht erlangen.

Auch beim Hunde läßt sich ein Einfluß der Gehirnrinde auf die Uteruskontraktionen als vorhanden nachweisen. Doch ist die von der Rinde aus erzielbare Wirkung hier im ganzen und großen weitaus weniger prägnant, als bei den Nagern. Als aktiv nach dieser Richtung hin erweist sich beim Hunde der innere Teil des hinteren Abschnittes des Gyrus sigmoideus.

Merkwürdig ist schließlich die Beobachtung, daß man beim Hunde während des kortikal angeregten epileptischen Anfalles konstant entweder eine Steigerung der Uteruskontraktionen oder, wenn sie noch nicht vorhanden waren, ein Auftreten solcher Kontraktionen finden kann. Es handelt sich dabei aber nicht um eine kontinuierliche tetanische Zusammenziehung des Uterus im Verlaufe des epileptischen Anfalles, sondern die Kontraktionen des Uterus vollziehen sich hier periodisch und weisen ihre gewöhnliche Dauer auf.

3. *Pathologische Zustände.* — Daß die Rinde des Vorderhirnes nicht ohne Einfluß auf die Bewegungen des Uterus ist, muß auch aus den klinischen Erfahrungen erschlossen werden.

Wie bekannt, äußern sich stärkere psychische Emotionen, wie Schreck u. dgl., in einer Zunahme der Uteruskontraktionen während des Gebäraktes. Es kann unter solchen Verhältnissen sogar zum Abort oder zur Frühgeburt kommen.

Allgemein bekannt ist andererseits die hemmende Wirkung gewisser psychischer Momente auf den Ablauf des Gebäraktes. Schon dadurch allein, daß eine fremde Person das Geburtszimmer plötzlich betritt, kann es gelegentlich zu einem Nachlassen oder zu völliger Unterdrückung der Geburtswehen kommen. Man kann sich dies nicht anders erklären, als durch Hemmungswirkungen seitens der Gehirncentra auf die Bewegungen des Uterus.

c) Die Wirkungen der Gehirnrinde auf die Menstruation.

Da der jeweilige Kontraktionszustand des Uterus, wie aus den hierbezüglichen Untersuchungen hervorgeht, nicht nur von der Zusammenziehung der glatten Uterusmuskulatur abhängt, sondern auch

mit dem Grade der Blutfüllung des Uterusgewebes zusammenhängt, so müssen die Gehirncentra, welche auf die Bewegungen des Uterus einwirken, offenbar auch auf die physiologischen Vorgänge bei der Menstruation mit engagiert sein.

Spezielle Experimentalbefunde liegen nach dieser Richtung hin zwar nicht vor, aber daß die Gehirnrinde bestimmte Wirkungen auf die Menstruationsvorgänge tatsächlich ausübt, geht aus den klinischen Beobachtungen mit Sicherheit hervor.

Bekannt ist z. B., daß die Menstruation unter dem Einflusse bestimmter psychischer Faktoren (Schreck u. dgl.) plötzlich zum Stillstande kommen kann, offenbar infolge von hemmenden Impulsen, welche vom Gehirn ausgehen. Andererseits können psychische Impulse, wie wir wissen, auch den umgekehrten Erfolg haben, indem der Menstruationsprozeß früher als sonst einsetzt; dieser Erfolg ist mit dem Auftreten von Erregungswirkungen seitens des Gehirns in Zusammenhang zu bringen.

Bei den neueren Fortschritten der Erkenntnisse über die Wirkungen der Hypnose und Suggestion hat man unter anderem erkannt, daß selbst profuse Uterusblutungen mittels hypnotischer Suggestion zum Stillstande gebracht werden können, wie ich dies in einer ganzen Reihe eigener Fälle vielfach beobachtet habe.[1])

d) Die Wirkungen der Gehirnrinde auf den Geschlechtstrieb.

Schon die Versuche von Goltz ließen erkennen, daß die Abtragung der Gehirnhemisphären beim Froschmännchen zu einem Verlust des Geschlechtstriebes führt. Selbst in Gegenwart des Weibchens bleibt der enthirnte Frosch total gleichgültig. Es folgt daraus, daß der Geschlechtstrieb im Bereiche der Gehirnhemisphären lokalisiert sein muß und daß er hier unter dem Einflusse äußerer Reize, welche auf die Sinneswerkzeuge einwirken, zur Auslösung kommt. Die tieferen Nervencentra sind offenbar in dem einen oder anderen Maße den höheren cerebralen Centren des Geschlechtstriebes untergeordnet.

Von den Sinnesorganen übt bekanntlich in der Tierwelt besonders das Geruchsorgan auf die geschlechtliche Erregung einen auffallenden Einfluß. Im allgemeinen spielen, wie es scheint, Geruchsempfindungen bei den Tieren eine größere sexuell anregende Rolle als die Gesichtseindrücke. Doch können unzweifelhaft auch Eindrücke seitens der übrigen Sinneswerkzeuge als Erreger des Geschlechtstriebes Bedeutung gewinnen. Bei dem Menschen steht der Geruch in dieser Beziehung sogar sehr wesentlich dem Tastsinn an Bedeutung nach.

e) Die Rindencentra der Erektion.

1. *Experimenteller Nachweis.* — Was nun die Wirkungen der Gehirnrinde speziell auf die Vorgänge der Erektion des männlichen Geschlechtsgliedes betrifft, so wird das Vorhandensein solcher Wirkungen

---

[1]) W. Bechterew, Kompression des Lendenmarkes usw. und die Bedeutung der Hypnose als Heilmittel. in: Nervenkrankheiten in Einzelbeobachtungen. Kasan 1884. Vgl. auch: Die therapeutische Bedeutung der Hypnose. St. Petersburg 1900.

schon dadurch wahrscheinlich gemacht, daß die Muskeln, welche sich an dem Geschlechtsakte beteiligen, bis zu einem bestimmten Grade dem Willen unterworfen sind.

Andererseits ist es bekannt, daß der Nervus erigens nicht bloß auf reflektorischem Wege erregt wird, sondern auch unter dem Einflusse adäquater psychischer Zustände in Erregungszustand kommen kann.

Das psychische Moment spielt ja bekanntlich im Bereiche der Geschlechtsfunktionen im allgemeinen eine ungeheure Rolle. Der sog. Geschlechtstrieb erscheint seinem Wesen nach als psychoreflektorischer Vorgang, was sich unter Mitwirkung der Centra der Gehirnrinde vollzieht.

Der bestimmte Nachweis des Vorkommens eines besonderen Centrums für die Erektion des männlichen Geschlechtsgliedes ist in der Tat durch spezielle Untersuchungen erbracht worden.

Ich konnte mich selbst durch das Experiment am Hunde direkt davon überzeugen, daß die Reizung des hinteren Teiles des Gyrus sigmoideus, entsprechend der Lage des Scheidencentrums, beim Hunde eine deutlich gesteigerte Spannung und Volumvergrößerung des Geschlechtsgliedes zur Folge hat.



Fig. 360.
Apparat zur Untersuchung der Penisspannung. — Erklärung im Text.

Eine eingehende Untersuchung der kortikalen Erektionscentra des Hundes ist auf meine Veranlassung unter Benutzung der graphischen Registriermethode in meinem Laboratorium durchgeführt worden (Dr. Pussep).[1])

Die Registrierung der Spannung des Penis geschah in diesen Versuchen dadurch, daß man den Penis in ein speziell dazu hergerichtetes, mit Wasser gefülltes Glasgefäß schob, welches durch einen Gummischlauch mit einem Manometer und durch dieses mit einer Mareyschen Trommel mit Registriervorrichtung in Verbindung gesetzt wurde (Fig. 360).

Wie sich nun im Verlauf dieser Experimente herausstellte, ergibt die Reizung der vorhin angegebenen Rindenstelle im hinteren Abschnitt des Gyrus sigmoideus (Fig. 361), anfänglich ein geringes Sinken der Kurve entsprechend der eingetretenen Volumabnahme des Penis; daran schließt sich aber ein mehr oder weniger auffallendes Ansteigen der Kurve entsprechend der eingetretenen Spannungssteigerung und Volumvergrößerung des Geschlechtsgliedes (Fig. 362).

---

[1]) Dr. Pussep, Dissert. St. Petersburg 1902.

Was das anfängliche Sinken der Kurve betrifft, so konnte sie natürlich von einer Zusammenziehung der zum Penis sich begebenden Muskeln abhängen oder durch eine Kontraktion der Blutgefäße des Gliedes bedingt sein. Um darüber ins Klare zu kommen, lag es nahe, durch Kurare die quergestreiften Muskeln zu paralysieren. Die unter Anwendung des Kurare angestellten Versuche lehrten nun, daß die Kurve in diesen Fällen einen viel geringeren Abfall zeigte, doch fiel auch das konsekutive Ansteigen der Kurve entsprechend geringer aus, als ohne Kurareanwendung. Mit anderen Worten, das Kurare übt auf die Erektion des Gliedes eine mehr oder weniger schwächere Wirkung aus. Da auch durch die direkte Beobachtung nicht nachgewiesen werden konnte, daß das anfängliche Sinken der Kurve von einer Kontraktion der Muskeln des Penis abhing, so muß die Ursache dieses Sinkens der Kurve offenbar in einer Verengerung der Penisgefäße gesucht werden. Man wird durch diesen Befund zu der Annahme gedrängt, daß von der Gehirnrinde außer erregenden Impulsen dem Geschlechtsgliede auch hemmende Impulse zufließen.

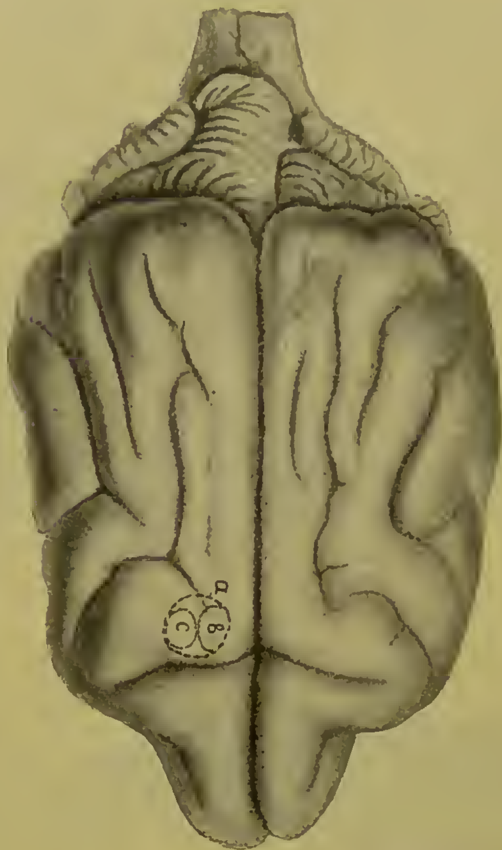


Fig. 361.
Die kortikalen Centra der Erektion des Penis beim Hunde. — Die Reizung des Feldes *a* ergibt Schwellung des Penis; die Reizung des Feldes *b* bedingt durch Kontraktion des Penis einen Abfall der Kurve, die Reizung von *c* ein Ansteigen der Kurve.

Die eingehende Untersuchung eruierte, daß das anfängliche Sinken der Kurve im

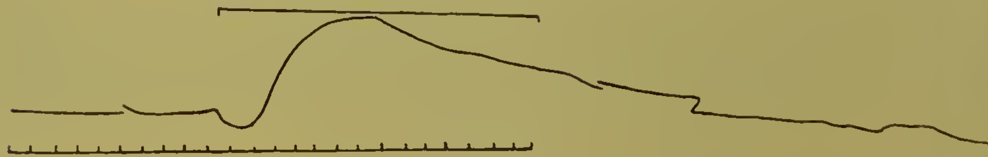


Fig. 362.
Peniskurve bei Reizung des Feldes *a*. — Obere Linie: Reizindikator, untere: Chronogramm in Sekunden.

Falle der Rindenreizung mit schwachen oder mittelstarken Strömen (10—13 cm Rollenabstand) weitaus geringer und weniger anhaltend ausfällt, als bei der Anwendung größerer Stromstärke (6—8 cm Rollenabstand) zur Rindenreizung. Man muß, wie sich dabei zugleich herausstellte, in der angegebenen Rindenregion eigentlich zwei Felder

unterscheiden, ein inneres und ein äußeres. Die mäßige Reizung des inneren Feldes (Fig. 361 *b*) ergab stets ein anhaltenderes Absinken der Kurve, die Reizung des äußeren Feldes (Fig. 361 *c*) bewirkte ein relativ stärkeres Ansteigen der Kurve. Mit anderen Worten, in dem inneren Felde konzentrieren sich mehr vasokonstriktorische Fasern, im äußeren Felde vorzugsweise vasodilatatorische Fasern. Von beiden Feldern aus aber kam es schließlich gleichermaßen zu einer Spannung des Gliedes, wobei sich nur die vasokonstriktorische Wirkung durch Kraft und Beständigkeit deutlich unterschied.

Man gelangt also auch hier, wie dies vorhin auch bezüglich des Einflusses der Gehirnrinde auf die Scheide sich herausstellte, zu dem Befund, daß die erregenden und dilatierenden Wirkungen vom Bereiche des Erektionscentrums nicht in reiner, sondern in mehr oder weniger gemischter Form ausgehen.

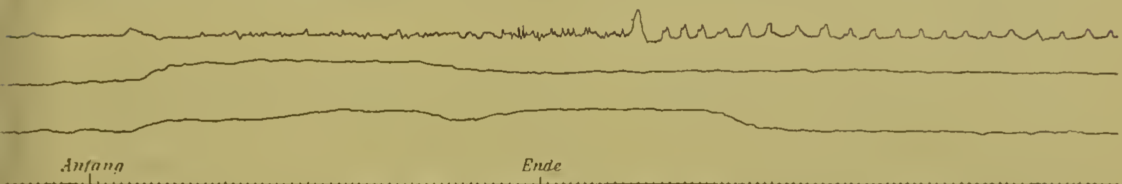


Fig. 363. Erklärung im Text.

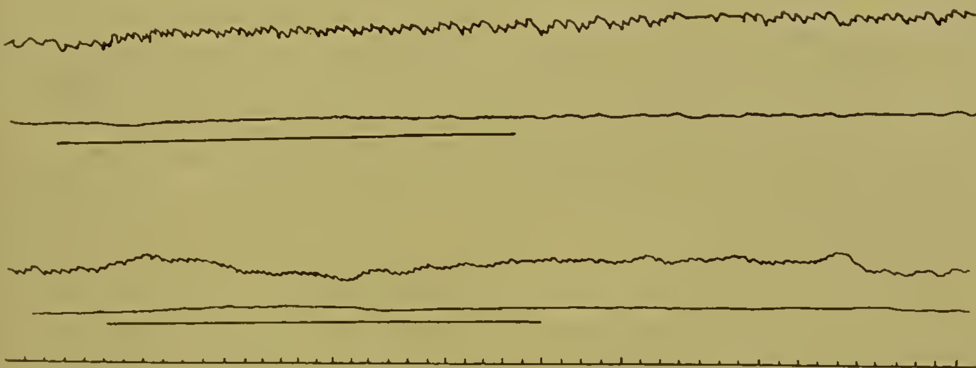


Fig. 364. Erklärung im Text.

Bei der Untersuchung des Zustandes der Penisgefäße nach einem der Hürthle'schen Methode der Blutdruckuntersuchung im Gehirn analogen Verfahren erkannte man, daß die Reizung des äußeren bezw. unteren Feldes des Erektionscentrums anfänglich eine geringe Verengerung mit konsekutiver anhaltender und auffallender Erweiterung der Gliedgefäße hervorruft, während man bei der Reizung des inneren oder oberen Feldes nur Gefäßverengerung erzielt (Fig. 363 und 364).

Noch instruktiver fällt das Ergebnis aus bei der gleichzeitigen Untersuchung der Druckverhältnisse in der Vena dorsalis penis und in der Arteria cruralis. Bei der Reizung des unteren Feldes stieg der Druck in der Vene sehr hoch an, der allgemeine Blutdruck in der Schenkelarterie veränderte sich aber sehr wenig, während die Reizung des oberen bezw. medialen Feldes des Erektionscentrums ein unbedeutendes Ansteigen des Druckes in der Penisvene zur Folge hatte (Fig. 364).

Zu bemerken ist, daß beide Gehirnhemisphären auf die Verhältnisse des Penis in annähernd gleicher Weise einwirken. Das Erektionscentrum funkioniert demnach bilateral.

Wenn man beim Hunde die Erektionscentra beider Gehirnhemisphären abträgt, dann zeigt er nach Überwindung der Folgen der Gehirnoperation keine Symptome von spontanem Geschlechtstrieb, und zwar nicht einmal während der Brunstzeit der Hündin und trotz voller Erhaltung der mechanischen Erregbarkeit des Penis. Hunde mit analogen Verletzungen des Schädels und Gehirns, aber an anderen Stellen derselben, weichen bezüglich des Geschlechtstriebes von anderen Hunden nicht ab.

Im Falle stärkerer Reizung des Erektionscentrums bezw. seines äußeren oder unteren Feldes beobachtete man in unseren Versuchen bisweilen neben Spannung des Gliedes auch Ejakulation und selbst die dem Kohabitationsakte entsprechenden Bewegungen der hinteren Extremitäten.

Da es nicht gelang, für die Ejakulation ein eigenes Centrum in der Gehirnrinde zu ermitteln, so ist anzunehmen, daß das Erektionscentrum zugleich auch als Centrum der Ejakulation funktioniert.

2. *Die Bedeutung des Erektionscentrums für die Geschlechtsfunktionen.* — Wenn man durch die Reizung des spinalen Peniscentrums eine Erektion hervorgerufen hat, so bewirkt, wie aus unseren obigen Untersuchungen weiterhin hervorging, die Reizung des kortikalen Erektionscentrums eine weitere Steigerung des Spannungszustandes des Geschlechtsgliedes. Die reflektorische Erektion wird also von der kortikalen bezw. psychischen Erregung nicht nur unterstützt, sondern erfährt durch dieselbe offenbar noch eine weitere Steigerung.

Die Reizung der Riechlappen hat, wie aus den gleichen Untersuchungsreihen (Dr. Pussep) sich ergab, keinen Einfluß auf die Erektion des Geschlechtsgliedes.

Ebensowenig bewirkt die zweiseitige Abtragung der Lobi olfactorii des Hundes eine Störung der Geschlechtsfunktionen. Die so operierten Tiere wiesen analoge Verhältnisse der Libido sexualis auf, wie gesunde Tiere; der einzige Unterschied zwischen ihnen bestand darin, daß sie, des Geruchssinnes beraubt, nicht selten ihren Geschlechtstrieb nicht nur während der Laufzeit, sondern auch außerhalb derselben zu befriedigen suchten.

Man möge hieraus abnehmen, daß die von einigen Autoren vertretene Ansicht, der Geruchssinn spiele die Hauptrolle der Geschlechtsfunktion, nicht ohne weiteres richtig ist.

Daß der Geruchssinn die Bedeutung eines richtigen Hilfsfaktors für die Erregung des Geschlechtstriebes bei einigen Tieren spielt, ist zutreffend, aber auch nicht mehr, denn auch nach dem Verlust des Geruches befriedigen diese Tiere noch ihren Geschlechtstrieb.

Außer Geruchseindrücken spielen als Faktoren, welche den Geschlechtstrieb anregen, bekanntlich auch optische, taktile und selbst akustische Eindrücke (Gesang, Musik, Locktöne), bei Tieren (und bei perversen Menschen) anscheinend auch Geschmacksempfindungen eine große Rolle. Aber in allen diesen Fällen handelt es sich um erregende Faktoren, welche den Geschlechtstrieb hervorrufen und unterhalten, Die wesentlichen Äußerungen des Geschlechtstriebes jedoch unterliegen

augenscheinlich dem direkten Einfluß des kortikalen Genitalcentrums, von welchem vorhin die Rede war.

Aus einer Reihe neuerer pathologischer Fälle ergeben sich Beziehungen der Zirbeldrüse zu den Geschlechtsorganen.

Frankl-Hochwart, sowie Ogle und Oestreich-Slawik[1]) veröffentlichen Fälle, in denen Zirbeldrüsentumoren begleitet waren von Hypertrophie der Geschlechtsorgane, vorzeitiger geschlechtlicher Entwicklung, gesteigertem Körperwachstum, vermehrter Fettablagerung und starker Behaarung. Dies steht in einem gewissen Gegensatz zu der Glandula pituitaria, deren Zerstörung, wie einige klinische Fälle bezeugen, zur Atrophie der Genitalien und zu herabgesetzter Funktion derselben führt. In beiden Fällen aber handelt es sich um drüsige Organe mit bestimmter trophischer Funktion ohne direkte Beziehungen zu den Leitungsbahnen, welche von den kortikalen Erektionscentren zu den spinalen Genitalcentren verlaufen.

VII.

Die sekretorischen Funktionen der Gehirnrinde.

Überblickt man das Gebiet der Rindencentra, welche auf die sekretorischen Verrichtungen des Organismus Einfluß üben, so treten hier die Wirkungen der Gehirnrinde auf die sekretorische Tätigkeit des Verdauungsrohres unbestreitbar in den Vordergrund des Interesses. Es handelt sich, mit anderen Worten, um jene Reihe von Rindencentren, welche auf die Sekretionstätigkeit der Hauptverdauungsdrüsen: der Speicheldrüsen, der Magendrüsen, des Pankreas, der Darmdrüsen, der Leber sich als wirksam herausstellen.

1. Die Wirkungen der Gehirnrinde auf die Speichelsekretion.

a) Die Bedeutung psychischer Faktoren für die Tätigkeit der Speicheldrüsen.

Bezüglich des Charakters der Reflexfunktion der Verdauungsdrüsen bestehen in der Literatur, wie schon vorhin bemerkt wurde, noch mancherlei Meinungsverschiedenheiten. Während Pavlov an dem Prinzip der Zweckmäßigkeit der Drüsenfunktionen festhält, tritt sein Schüler Popelski dieser Auffassung lebhaft entgegen. Noch in neuerer Zeit ist Popelski mit nicht belanglosen Einwendungen gegen Pavlovs Lehre aufgetreten. Er bestreitet strikt die Zweckmäßigkeit der Tätigkeit der Speicheldrüsen im Sinne Pavlovs. Die Sekretion dieser Drüsen hängt keineswegs ab von dem Nutzen oder Schaden der Substanzen, welche als Erreger der Drüsentätigkeit dienen. Im Gegenteil, das Experiment bezeugt direkt, daß bei der Drüsensekretion das Gesetz der

[1]) Frankl-Hochwart, Über Diagnose der Zirbeldrüsentumoren. D. Zeitschr. f. Nervenheilk. 1909, Bd. 37.

Proportionalität zwischen Menge des Speichels und den Sekretionserregern obwaltet.[1])

Schon aus der alltäglichen Erfahrung ist bekannt, daß die Funktion der Speicheldrüsen in hohem Grade von psychischen Momenten beeinflußt wird. Jeder kennt die speichelsekretorische Wirkung des Anblickes schmackhafter Speisen und selbst schon der bloßen Erinnerung an ein leckeres Mahl, namentlich nach längerem Fasten, wenn also die Speicheldrüsen noch große Materialvorräte enthalten und ihr Apparat nicht ermüdet ist.

Schon Siebold hat im vorigen Jahrhundert die Wirkungen psychischer Faktoren auf die Speichelsekretion hervorgehoben.

Mitscherlich hat dann auf Grund spezieller Versuche an Menschen mit Fisteln des Stenon'schen Ganges erkannt, daß Speichel nicht nur beim Essen und Trinken ausgeschieden wird, sondern auch unter dem Einflusse psychischer Momente, durch die bloße Vorstellung des Kauens und Trinkens zu Stande kommt.[2])

Späterhin hat dieses Speicheln beim bloßen Anblicke von Speisen mehrere Untersuchungen hervorgerufen. Einige, wie Schiff[3]) und anfangs auch Colin[4]) stellten dies in Abrede, während andere die Richtigkeit der Beobachtungen bestätigten.

Dieser letzteren Auffassung hat sich auch Colin, früher wie gesagt anderer Ansicht, später angeschlossen.[5])

Malloizel konnte durch eine ganze Reihe von Experimentalbefunden das wirkliche Vorhandensein einer psychischen Erregung der Speicheldrüsen definitiv nachweisen.[6])

Nach der Darstellung von Meisel gibt es einen konstanten Zusammenhang zwischen Appetit als Empfindungs- und Vorstellungskomplex einerseits und der Funktion der Verdauungsdrüsen andererseits. Von dem Charakter des Empfindungstones hängen die Verschiedenheiten des Speichels ab; je nach der Qualität des Reizagens wird bald Schutzspeichel, bald Arbeitsspeichel ausgeschieden. Ein unbekannter Stoff ruft nur wenig Speichelsekretion deshalb hervor, weil die Vorstellung noch nicht von einer entsprechenden Sinnesfärbung begleitet wird.[7])

Die Ausscheidung von Speichelsekret bei dem Anblick eines ein-

---

[1]) Weitere Einzelheiten vgl. Popelski, a. a. O. Er weist unter anderem darauf hin, daß die Schüler Pavlovs: Heimann, Selheim, Snarski, Wulfsohn im Experiment über Speichelsekretion, Babkin und Sawitsch im Experiment über Pankreassekretion dem Umstand gar nicht Rechnung trugen, daß bei derartigen Untersuchungen nur Zahlen vergleichbar sind, welche während eines und desselben Versuches erzielt wurden, daß aber die Ergebnisse verschiedener Versuche und noch weniger, falls sie an verschiedenen Tieren angeführt wurden, mit einander vergleichbar sind.

[2]) Mitscherlich, Über den Speichel des Menschen. Poggendorff's Annalen der Physik und Chemie, 1833, Bd. 27.

[3]) Schiff, Leçons sur la physiologie de la digestion I, 1867.

[4]) Colin, Recherches expér. sur la sécrétion de la salive chez les solipides, Comptes rendus de l'académie des sciences, Paris 1852, T. 34.

[5]) Colin, Traité de phys. comparée des animaux.

[6]) Malloizel, Sur la sécrétion salivaire de la glande sous-maxillaire du chien. Journ. de phys. IV. — La salive physique de la glande sous-maxillaire peut être liquide ou visqueuse? Comptes rendus de la soc. de biol. 1902.

[7]) Meisel, Klinisch-therap. Wochenschr. 1903, Nr. 32.

mal genossenen Nahrungsmittels beruht, wie Mayer definiert, auf einer Assoziation optischer Bilder mit Geschmacksbildern.[1])

Im Experiment ist der Einfluß psychischer Momente auf die Speichelsekretion im allgemeinen leicht nachweisbar. Bringt man einem Hund mit Speichelfistel (s. Fig. 367) ein Stück Fleisch oder dgl. in die Nähe der Nase, so setzt sofort eine reichliche Speichelsekretion ein. Andererseits übt Angst eine hemmende Wirkung auf die sekretorische Tätigkeit der Speicheldrüsen aus.

Besonders eingehende Untersuchungen über den Einfluß psychischer Faktoren auf die Speichelsekretion sind von Wulfsohn (aus Pavlov's Laboratorium) veröffentlicht worden.[2]) Wenn man, berichtet Wulfsohn, die Mundhöhlen des Hundes durch Reiben mit einer harten Bürste reizt, oder dem Hunde Steine zu kauen gibt, so erfolgt ungeachtet des Kauens keine Speichelausscheidung. Schüttet man dem Hunde aber Sand in den Mund, so setzt im Anschlusse daran sofort Speichelsekretion ein, welche den Sand fortspült.

Darin, daß Steine nicht die Speichelsekretion auslösen, erblickt Wulfsohn eine vernünftige Einrichtung. Denn Steine werden nicht fortgespült, sondern fortgeschleudert. Auf die Steine und den Sand als solche kommt es hier offenbar nicht an, sondern darauf kommt es an, daß das Reizagens Ähnlichkeit hat mit irgend etwas Eßbarem, was die Mundfläche überzieht, anstatt, wie dies Steine tun, die Schleimhaut und die Zähne insultieren, oder, wie die harte Bürste, durch ihr Reiben lebhaften Schmerz hervorrufen.

Dennoch ist die Spülwirkung des Speichels für die Mundschleimhaut zweifellos von einiger Bedeutung.

Wenn man dem Fistelhunde verschiedene Futtersorten vorzeigt, so stellte sich in Wulfsohn's Versuchen heraus, daß die Menge des ausgeschiedenen Speichels dem Grade der Trockenheit des Futters entspricht. Dagegen ruft Wasser auch bei lebhaftem Durst keine Speichelsekretion hervor.

Auch die Konsistenz des sezernierten Speichels wechselt je nach der Art des Futters, welches man dem Hunde zeigt.

Die später angestellten Untersuchungen Toločinov's betreffen den Einfluß der direkten Reizung der Mundhöhle (unbedingter Reflex im Sinne von Pavlov) und die Fernwirkung bestimmter Stoffe auf die Speichelsekretion (bedingter Reflex).[3])

Das Ergebnis dieser Untersuchungen war im wesentlichen folgendes:[4])

1. Der bedingte Reflex erlischt bei häufiger Wiederholung, sowie unter Umständen, wenn die Aufmerksamkeit des Hundes sehr abgelenkt wird, und namentlich dann, wenn eine motorische Reaktion eintritt.

2. Den erloschenen bedingten Reflex kann man mittels eines unbeding-

---

[1]) Mayer, Journ. de psychologie norm. et pathol. 1904, Nr. 3, S. 255.

[2]) Wulfsohn, Die Arbeit der Speicheldrüsen. Dissert. St. Petersburg 1898.

[3]) J. Toločinov, Contribution à l'étude de la physiologie et de psychologie des glandes salivaires. Versamml. nord. Naturforscher und Ärzte in Helsingfors 1902.

[4]) A. P. Selheim, Die Tätigkeit der Speicheldrüsen vor und nach der Durchschneidung des N. glossopharyngeus und N. lingualis. Dissert. St. Petersburg 1904.

ten mit jenem gleichartigen oder von ihm verschiedenen, wieder herstellen. So z. B. tritt der Reflex beim Vorzeigen von Fleischpulver wieder ein, wenn man dem Hunde Fleischpulver zu essen gibt oder ihm Salzsäurelösung in den Mund eingießt.

3. Um den bedingten Reflex hervorzurufen, braucht der vorgezeigte Reflex nur die rein äußeren Merkmale der Substanz zu haben, welche gewöhnlich Speichelsekretion bei dem Tier hervorruft; wenn man z. B. dem Hunde einige Mal eine schwarzgefärbte Säurelösung in den Mund eingeführt hat, läßt sich Speichelsekretion dadurch hervorrufen, daß man ihm eine Flasche schwarzgefärbten Wassers vorhält.

Das Vorzeigen von Fleisch, welches mit Säure befeuchtet ist, bewirkt eine profuse Speichelansscheidung, während das Vorzeigen von reinem Fleisch sehr wenig Speichel hervorruft.

Babkin gelangte auf Grund seiner Untersuchungen (aus dem gleichen Laboratorium) zu folgenden Aufstellungen[1]):

1. Das Erlöschen des bedingten Reflexes erfolgt nur dann, wenn die Versuchsbedingungen sich absolut gleich bleiben. Jede Veränderung dieser Bedingungen zieht die Wiederherstellung des im Erlöschen begriffenen Reflexes nach sich. — 2. Die Schnelligkeit des Erlöschens dieses Reflexes hängt von der Häufigkeit der Wiederholung der Einzelreize ab. — 3. Jeder neue bedingte Reflex bewirkt einen typischen Tätigkeitsvorgang des Speichelapparates. — 4. Der spontane Wiedereintritt des erloschenen bedingten Reflexes vollzieht sich sehr langsam. — 5. Jeder unbedingte Speichelreflex restituiert jeden erloschenen bedingten Reflex. — 6. Jede Erregung der Tätigkeit der Speicheldrüsen führt zu einer Belebung jedes erloschenen bedingten Reflexes. — 7. Starke Reize, welche vorwiegend motorische Reaktionen erzeugen, hemmen den bedingten Speichelreflex.

Es besteht also ein deutlicher Gegensatz zwischen dem physiologischen oder unbedingten und dem psychischen oder bedingten Reflex. Jener ist konstant und erfährt selbst bei häufiger Wiederholung keine Abschwächung; dieser (der psychisch bedingte Reflex) läßt bei öfterer Wiederholung stets nach und verschwindet alsbald, taucht aber wieder auf, wenn ein neues Reizagens, welches Speichelsekretion bewirkt, eingreift; um dann bei öfterer Wiederholung wiederum schnell zu erlöschen. Die spontane Wiederherstellung des bedingten Reflexes erfolgt im allgemeinen sehr langsam. Man kann bedingte Reflexe auf verschiedene Weise hervorrufen (durch das Auge, das Ohr, den Geruch). Doch läßt sich, von den natürlichen Reflexen abgesehen, dem Versuchstiere ein künstlicher Reflex animpfen. Wenn man z. B. dem Hunde während der Fütterung einen Gegenstand zeigt oder einen Ton anschlägt, so können diese Reize mit der Zeit auch an und für sich Speichelsekretion hervorrufen. Das Experiment bezeugt, daß das Auftauchen und Verschwinden der bedingten Reflexe den gleichen Gesetzen unterliegt, welche auch für die natürlichen bedingten Reflexe Geltung haben.[2])

---

[1]) B. P. Babkin, Nerven- bezw. psychische zusammengesetzte Versuche am Hunde. Verhandlg. des IX. Pirogow-Kongresses 1904, Physiolog. Sektion.

[2]) J. Boldyrev, Die Bildung der künstlichen bedingten (psychischen) Reflexe und ihre Eigenschaften. Verhandlg. d. Gesellsch. Russ. Ärzte zu St. Petersburg, 7. April 1905.

Bezüglich der Einwirkung von Nahrungsmitteln oder chemischen Reizagentien auf die Speichelsekretion bemerkt Pavlov erläuternd[1]), daß die dabei statthabenden Nebenwirkungen in Verbindung treten mit dem gleichen nervösen Speicheldrüsencentrum, zu welchem auf einer ein für alle Mal bestehenden Centripetalbahn der Reiz von den wesentlichen Eigenschaften des Gegenstandes gelangt. Insofern würde sich das Speichelcentrum im Centralnervensystem gewissermaßen als Anziehungspunkt für alle Reize darstellen, welche von den übrigen erregbaren Oberflächen herrühren.

Systematische Untersuchungen nach der gleichen Richtung sind dann in meinem Laboratorium ebenfalls an Hunden mit nach außen verlegten Speichelgängen durchgeführt worden (Bêlicki).[2])

Wir erkannten im Verlaufe dieser Untersuchungen, daß akustische (Lippenschnalzen), optische (Vorzeigen eines nicht riechenden Nahrungsstoffes), olfaktive (Fleisch bei verbundenen Augen) und gustative (direkte Reizung der Zunge mit eßbaren Gegenständen) Eindrücke auf die Speichelsekretion nicht in gleicher Weise wirken.

Am stärksten regen Geschmacksreize die Speichelsekretion an, weniger Geruchsreize, noch weniger Gesichtsreize; den geringsten speichelsekretorischen Effekt haben akustische Reize.

Wir überzeugten uns dabei von dem überaus schnellen Erlöschen der optischen, olfaktiven und akustischen Speichelreflexe im Falle öfterer Wiederholung. Die Schnelligkeit des Erlöschens dieser Reflexe hängt ab von dem Grade der Identität der Merkmale des irritierenden Gegenstandes. Neue Eigenschaften des Reizagens oder des Milieu rufen den Reflex stets wieder hervor.

In Fällen von Geschmacksreizung (physiologischer Reflex) war ein solches Erlöschen nicht zu beebachten und die Menge des ausgeschiedenen Speichels blieb sich bei wiederholter Reizung annähernd gleich.

Demnach führen alle vorhandenen Befunde über die psychischen Wirkungen auf die Speichelsekretion zu dem Schluß, daß die psychische Speichelsekretion als weitere Ausbildungsstufe der physiologischen Sekretion, wie sie bei unmittelbarer Reizung der Mundhöhle vor sich geht, sich darstellt, nur daß sie weniger intensiv ist und einige qualitative Abweichungen des Gehaltes an festen und flüssigen Bestandteilen aufweist. Der psychische speichelsekretorische Reflex, welchen man bei der Reizung des Seh-, Gehör- oder Geruchsorganes erhält, weist, gleichgültig ob es sich um einen natürlichen bezw. gewohnheitsmäßigen oder um künstlichen, dem Tiere absichtlich angeimpften Reflex handelt, im ganzen und großen das gleiche Verhalten auf, wie auch der physiologische Reflex bei der Reizung der Mundhöhle (so z. B. ruft der Anblick trockener Nahrung mehr Speichel hervor, als feuchte Nahrung), doch erweist er sich als sehr viel weniger stabil und verschwindet relativ schnell bei mehrfacher Wiederholung, taucht aber nach Anregung des physiologischen Reflexes wieder auf.

Beachtung verdienen hier ferner die Befunde über die relative

---

[1]) J. P. Pavlov, Experimentelle Psychologie und Psychopathologie der Tiere. Jsvêst. Imper. Voenno-Med. Akad. 1903, Bd. 7, Oktober.

[2]) Bêlicki, Über den Einfluß des Rindencentrums der Speichelsekretion auf die reflektorische Tätigkeit der Speicheldrüsen. Obosrên. psihiatr. 1905.

Konstitution des Speichels bei bedingtem und unbedingtem Reflex. Selgeim fand darüber (in Pawlow's Laboratorium) folgendes[1]):

1. Bei normaler Tätigkeit der Unterkiefer- und Unterzungendrüse liefert der unbedingte Reflex des Nahrungsreizes einen stärker fadenziehenden Speichel, als der bedingte Reflex;

2. Bei Nichtnahrungsreiz bestehen umgekehrte Verhältnisse, d. h. der Speichel ist bei bedingtem Reflex stärker fadenziehend als bei unbedingtem Reflex;

3. Nach der Durchschneidung des Glossopharyngeus und Lingualis kam der Reflex von Bitter- und Süßstoffen dem bedingten bezüglich der Menge des ausgeschiedenen Speichels nahe;

4. Nach der Durchschneidung der genannten Nerven sank die Menge des ausgeschiedenen Speichels bei unbedingtem Reflex für salzige Stoffe annähernd um das Dreifache, für saure annähernd um die Hälfte. — Der Reizrest wird vermutungsweise dem Speichelcentrum übermittelt durch den Trigeminus im Wege der Reizung der übrigen Mundhöhle mit Ausnahme der Zunge;

5. Nach der Durchschneidung der genannten beiden Nerven stieg die Zähigkeit des Speichels bei Anwendung nicht eßbarer Reizstoffe um ein weniges sowohl bei dem bedingten, wie auch bei dem unbedingten Reflex. Das Verhältnis zwischen diesen beiden Reflexformen blieb das gleiche, wie vor der Nervendurchschneidung, d. h. die Fadenziehigkeit des Speichels war bei dem bedingten Reflex größer. Zu bemerken ist jedoch, daß der bedingte und unbedingte Reflex bei der Reizung mit Bitterstoffen (1% Lösung von Extractum Quassiae) und mit Süßstoffen (10% Lösung von Saccharin) nach der Durchschneidung der genannten beiden Nerven auch bezüglich der Zähigkeit des Speichels sich gleich verhalten können;

6. Das Überwiegen der organischen Stoffe im Trockenrückstande des Parotisspeichels über die anorganischen Bestandteile, welches bei dem unbedingten Reflex nach Reizung mit Sodalösung vorhanden ist, verschwindet nach der Durchschneidung des Glossopharyngeus und Lingualis; es überwiegen nach diesem Eingriff gerade umgekehrt die anorganischen über die organischen Bestandteile im Parotisspeichel.

Über den künstlichen assoziativen Speichelreflex liegen außerdem Untersuchungen vor von J. Pawlow[2]), Boldyrew[3]), Kaschenrikowa[4]), Šelény[5]), Woskoboinikowa-Granstrem[6]), Wassiljew[7]), Palladin[8]), Perlzwaig[9]), Mischtoft[10]), Pimenow[11]), Burmakin[12]), Šawadski[13]).

---

[1]) a. a. O.

[2]) Pawlow, Iswest. imperat. voënno-medic. akad. 1907. Schriften d. Gesellsch. Russ. Ärzte 1898.

[3]) Boldyrew, Schriften d. Gesellsch. Russ. Ärzte 1904—1906. Chark. med. žurn. 1907.

[4]) Kaschenrikowa, Schriften d. Gesellsch. Russ. Ärzte 1905—1906, 1908.

[5]) Šelény, Ibid. 1905—1906.

[6]) Woskoboinikowa-Granstrem, ibid. 1906.

[7]) Wassiljew, ibid. 1906.

[8]) Palladin, ibid. 1906.

[9]) Perlzwaig, Dissert., St. Petersburg 1907.

[10]) Mischtoft, Dissert., St. Petersburg 1907.

[11]) Pimenow, Dissert., St. Petersburg 1907.

[12]) Burmakin, Dissert., St. Petersburg 1910.

[13]) Šawadski, Schriften d. Gesellsch. Russ. Ärzte 1908. Dissert. St. Petersb. 1908.

Nikolaëw[1]), Krischkowski[2]), Eljason[3]), Nenz[4]), Orbeli[5]), Makowski[6]), Toločinow[7]), Toropow[8]), Falbort[9]), Chašen[10]).

Alle diese Arbeiten beschäftigen sich unter anderem mit der verschiedenen Erscheinungsform der assoziativen Speichelreflexe, auf welche teils bereits schon hingewiesen wurde bei Gelegenheit der assoziativ-motorischen Reflexe, teils noch hingewiesen werden wird bei Betrachtung der entsprechenden Centra. Ich kann mich daher auf Wiedergabe des allgemeinsten Ergebnisses dieser Untersuchungen beschränken.

Man erhielt vor allem den assoziativen Speichelreflex auf künstlichem Wege, also durch Erziehung von allen möglichen Perzeptionsorganen und durch Anwendung verschiedener Reize, mechanisches Reiben, Kratzen usw., Wärme, Kälte, Geruchstoffe, Licht, Ton usw.

Zur Hervorrufung eines künstlichen assoziativen Reflexes bedarf es gewöhnlich einer größeren oder geringeren Zahl von Assoziationen eines neuen Reizes mit dem den gewöhnlichen Reflex hervorrufenden Grundreiz. Die Schnelligkeit der Entwicklung solcher künstlicher Assoziationsreflexe ist, wie sich bei näherer Prüfung ergab, beim Hunde im allgemeinen eine ungleiche und hängt ab von der Art des applizierten Außenreizes, wie dies schon früher ausgeführt wurde. Schneller entsteht der künstliche Assoziationsreflex, laut den Angaben von Dr. Boldyrew, im Falle der Reizassoziation mit nicht eßbaren, als mit eßbaren Substanzen.

Auch das Verhältnis der Reize zu einander ist von wesentlichem Einfluß auf die Schnelligkeit der Bildung des Assoziationsreflexes. Bei Kampfer z. B. bedarf es bis zu 20 Assoziationen zur Erzeugung des Assoziationsreflexes, während die Hinzufügung eines indifferenten Riechstoffes zu der in den Mund eingeführten Säure den Reflex schneller hervorruft. Sehr schnell entsteht auch der Assoziationsreflex bei Darreichung von Fleisch mittels einer Pinzette, deren bloßer Anblick schon genügt, um den Reflex auszulösen.

Hat sich aber der Assoziationsreflex auf irgend einen Reiz einmal gebildet, dann bildet er sich relativ leicht auch auf andere Reize, namentlich wenn sie aus der unmittelbaren Umgebung herrühren.

Natürlich haben auch andere Bedingungen Einfluß auf die Bildung des Assoziationsreflexes, so vor allem gewisse Allgemeinzustände des Organismus — Vergiftungen z. B. wirken hochgradig auf die Reflexbildung — ferner Alter, Individualität u. dgl.

Gleich den Bewegungsreflexen sind auch die Speichelreflexe nicht durch große Dauer ausgezeichnet. Ist der Reflex erzogen, so läßt er sich gewöhnlich nur einigemal hervorrufen, worauf es einer Erneuerung der früheren Reizassoziation bedarf, um den Reflex zu beleben. Das

---

[1]) Nikolaëw, Dissert., St. Petersburg 1910.
[2]) Krischkowski, Dissert., St. Petersburg. — Zur Physiologie der bedingten Reflexe 1909.
[3]) Eljason, Schriften d. Gesellsch. Russ. Ärzte, St. Petersburg 1907.
[4]) Nenz, ibid. 1908.
[5]) Orbeli, ibid. 1908. Dissert. St. Petersburg 1908.
[6]) Makowski, ibid. 1908 und Dissert. St. Petersburg 1908.
[7]) Toločinow, Vrhdl. d. Vers. Nord. Naturf. u. Ärzte zu Helsingfors 1902.
[8]) Toropow, Dissert., St. Petersburg 1908.
[9]) Falbort, Schriften d. Gesellsch. Russ. Ärzte 1908.
[10]) Chašen, Dissert., St. Petersburg 1908.

Erlöschen der Reflexe ist von Dr. Babkin und anderen studiert worden. Ich kann jedoch auf diese Verhältnisse hier nicht näher eingehen.

Die Speichelassoziationsreflexe sind schon von vornherein spezifisch gegen bestimmte Reize. Hat man daher einen solchen Reflex beispielsweise auf einen optischen Reiz erzogen, dann läßt er sich weder auf einen Tonreiz, noch auf einen Geruchreiz erzielen, und umgekehrt. Aber innerhalb der Grenzen einer gegebenen Reizqualität ist jeder Assoziationsreflex, wie Untersuchungen meines Laboratoriums gezeigt haben, von vornherein nicht spezifisch; erst allmählich differenziert er sich und wird dann spezifischgegen bestimmte Reizgebiete (Haut). Bei Tonreizung z. B. ruft ursprünglich jeder beliebige Ton den Reflex hervor; mit der Zeit, wenn alle Reflexe auf Fremdtöne erlöschen, bleibt der Assoziationsreflex nur auf den Ton bestehen, mit dem ursprünglich der Grundreiz assoziiert wurde. Wenn einige Autoren der Meinung sind, daß der Hund sich gegen Wärmeapplikation an verschiedenen Körperstellen in gleicher Weise verhält (Woskoboinikova-Granstrem) oder desgleichen gegenüber verschiedenen Farben (Orbeli), so liegt Grund vor zu der Annahme, daß es sich in diesem Fall bloß um ungenügende Differenzierung des Assoziationsreflexes handelt.

In der Tat gestattet die in Pawlow's Laboratorium geübte Methode der Untersuchung des Speichelreflexes, abgesehen von ihren sonstigen Mängeln[1]), nicht die Ausführung einer mehrfachen, häufigen Belebung des Assoziationsreflexes durch Kombination eines Außenreizes mit der Säureeingießung behufs Vermeidung von Stomatitisbildung. Darauf beruht die Unmöglichkeit, auf diese Weise eine entsprechende Differenzierung des assoziativen Reizes auf Wärme- und Farbenreize zu erhalten. Daß dem in der Tat so ist, ergibt sich aus der Tatsache, daß man durch Erziehung eines assoziativ-motorischen Reflexes nach der in meinem Laboratorium geübten Methode beim Hunde leicht ein ungleiches Verhalten gegenüber Hautwärmereizen in den verschiedenen Körpergegenden, sowie gegenüber verschiedenen Farben nachweisen kann.

Nach den Untersuchungen von Dr. Pimenow (aus Pawlow's Laboratorium) entbehren der Spezifität (d. h. sind nicht differenzierungsfähig) auch diejenigen Assoziationsreflexe, welche erzogen wurden nicht bei gleichzeitiger Kombination des gewöhnlichen Säurereizes mit einem anderen Außenreiz, sondern in der Weise, daß der gewöhnliche Säurereiz dem Assoziationsreiz vorausgeht (z. B. Kratzen der Hautoberfläche). Bisher ist dieser Satz jedoch nicht mittels des assoziativ-motorischen Reflexes geprüft worden.

Wenn zwei Außenreize mit der gewöhnlichen Säurereizung der Mundhöhle kombiniert werden, dann führt das Erlöschen des einen Reflexes auch zur Abschwächung des anderen Reflexes. Von besonderer Bedeutung ist in dieser Beziehung sowohl die Reizstärke des ersten Reflexes, als auch die Zeit der Ausbildung desselben. Der zweite Reflex restituiert sich dabei nur bei erneuter Wirkung des gewöhnlichen, mit ihm assoziierten Reizes.

In gewissen Fällen führt die gleichzeitige Kombination zweier Außenreize (eines mechanischen und eines Wärmereizes) mit dem ge-

---

[1]) W. Bechterew, R. Vrač 1909. Folia Neurobiolog. 1910, Bd. 4. Die Bedeutung der Motilitätsprüfungen für neuropsychische Studien

wöhnlichen Säurereflex zur Unterdrückung eines derselben. So z. B. fällt in dem oben angeführten Beispiel der Speichelreflex von dem mechanischen und von beiden Reizen zusammen gleich stark aus, während er von einem thermischen Reiz gleich Null ist.

Der assoziative Speichelreflex wird, gleich dem assoziativ-motorischen Reflex durch neue gleichzeitig wirkende Reize gehemmt, wenn man ihn nicht durch Kombination mit dem gewöhnlichen Reiz anregt und verstärkt. Dabei ist jedoch die Hemmungswirkung verschiedener Reize eine ungleiche. Starke Wirkung übt Kratzen, dann Abkühlung auf 0—1° R., Erwärmung auf 50° C., Belichtung; am schwächsten wirkt Abkühlung auf 4—5° R. (Mischtoft). Diese Reize wirken hemmend, trotzdem sie an sich gegenüber der Speichelsekretion indifferent sind.

Die sukzessive Hemmung beeinflußt nicht nur den ersten nach Einsetzen der Hemmungswirkung geprüften Reflex, sondern auch mehrere von den folgenden. In dem Maße jedoch, wie die assoziative Hemmung älter wird, verschwindet auch die Hemmungswirkung allmählich.

Zu erwähnen ist außerdem, daß die assoziativen Hemmungen sich fast in demselben Maße differenzieren, wie die Erreger der Assoziationsreflexe.

Beachtung verdienen ferner die Erscheinung der Enthemmung der assoziativen Speichelreflexe, welche von Dr. Savadski, Nikolaëv u. a. genauer verfolgt wurden. Sie bestehen in der Befreiung eines gehemmten Assoziationsreflexes von den Hemmungswirkungen, wie dies bei Vorhandensein bestimmter Reize zu beobachten ist.

Erzieht man den Assoziationsreflex von vornherein auf verschiedene Reize, z. B. auf verschiedene Töne, dann entsteht ein allgemeiner Assoziationsreflex, welcher auf jeden beliebigen Reiz hin hervortritt, z. B. auf jeden beliebigen Ton ohne Unterschied der Höhe, der Klangfarbe und Stärke.

b) Die Rindencentra der Speichelsekretion.

Man wird unter dem Eindruck des Bisherigen zu der Voraussetzung gedrängt, daß in der Hirnrinde bestimmte Centra, welche der Speichelsekretion vorstehen, lokalisiert sein müssen, da sonst viele der dargelegten Erscheinungen nicht ohne weiteres verständlich sind.

1. *Literarische Angaben.* — Was die experimentellen Befunde bezüglich der Rindencentra anlangt, so haben schon Lepine und Bochefontaine darauf hingewiesen, daß die schwache Stromreizung der vorderen Abschnitte der Gehirnrinde im Bereiche des kortikalen Facialiscentrums Speichelsekretion hervorruft, wenn solche noch nicht bestand, und sie in merklicher Weise steigert, falls sie schon vorher im Gange war.[1]

Die Rindengegend, bei deren Reizung man Speichelsekretion aus der Unterkieferdrüse beobachten kann, findet sich nach der Angabe von Lepine und Bochefontaine nach vorne, unten und hinten vom Sulcus cruciatus.

Reichlicher wird dabei der Speichel auf der Seite der gereizten Hemisphäre ausgeschieden.

---

[1]) Lepine u. Bochefontaine, Gazette Médic. de Paris. 1875.

Der so sezernierte Speichel erinnert bezüglich seiner Eigenschaften an das durch Reizung der Chorda tympani erzeugte Speichelsekret. Als sie die Chorda tympani durchschnitten hatten, konnten Lepine und Bochefontaine durch die Reizung der angegebenen Rindenstelle einen speichelsekretorischen Effekt nicht mehr erzielen.

Sie überzeugten sich dabei, daß die speichelsekretorische und vasomotorische Wirkung der Gehirnrinde topographisch nicht mit einander zusammenfallen.

So z. B. haben die Rindenstellen, welche in der Nähe des Riechlappens sich finden, fast gar keinen Einfluß auf den Blutdruck, wohl aber wirken sie auf die Speichelsekretion eben so lebhaft, wie der Gyrus postfrontalis.

Zu bemerken ist, daß Lepine und Bochefontaine die Vorgänge der Speichelsekretion am Ductus Warthonianus verfolgten. Die Ausscheidung erfolgte dabei meist auf der der gereizten Hemisphäre entgegengesetzten Seite. — Eine analoge Wirkung konnte manchmal auch durch mechanische Reizung erzielt werden.

Wenn irgend eine Stelle der Gehirnrinde auf die Speichelsekretion keine Wirkung ausübt, so erzielt man nicht selten von einer Nachbarstelle den Effekt, welcher zuweilen auch beim Versenken der Elektrode in die Tiefe der Rinde auftritt.

Bochefontaine erhielt ferner durch Reizung der vorderen Abschnitte der Hemisphärenrinde eine lebhafte Parotis- und Submaxillarissekretion. In diesen Fällen verbreitet sich die Reizung augenscheinlich über die Centra des Facialis und des Sympathicus.[1])

Obwohl er von bestimmten Rindenpunkten aus Speichelsekretion, Darmperistaltik, Blasenkontraktionen, Pupillenverengerung usw. erhielt, faßt Bochefontaine diese Stellen der Gehirnrinde nicht als eigentliche Centra auf. Wenn man, führt Bochefontaine aus, diese Rindenstellen als Centra auffassen wollte, dann mußte man sich mit der Tatsache abfinden, daß 1. die Reizung eines und desselben Centrums Wirkungen in verschiedenen Organen ergibt, so z. B. Darmbewegungen, Bewegungen des Darmes usw., 2. daß die Reizung verschiedener, entlegener Centra eine und dieselbe Wirkung liefert, 3. daß zugleich die Rindenreizung der Dura mater und selbst des Pericranium im ganzen und großen den gleichen Effekt hat; und 4. daß man gleiches auch bei der Reizung des centralen Endes des N. vago-sympathicus und selbst des Ischiadicus (Ansteigen des Blutdruckes, Kontraktionen der Milz, der Harnblase usw.) beobachtet.

Im Hinblicke darauf betrachtet Bochefontaine die von ihm aufgefundenen Punkte als sensible Rindengebiete, und die beobachteten Erscheinungen als Reflexe, welche von diesen Rindenstellen ausgehen.

Bochefontaine eruiert also nicht die Existenz besonderer Rindencentra für die Speichelsekretion, wie er auch keine besonderen Centra für die Blutgefäße usw. unterscheiden will.

Späterhin sind vor allem aus Eckhard's Laboratorium Angaben hervorgegangen, welche selbst das Vorkommen von Rindengebieten, die Speichelsekretion bewirken, in Abrede zu stellen suchen.

---

[1]) Bochefontaine, Arch. de phys. norm. et. path. 1876.

2. *Experimentelle Befunde.* — Bei diesem Stand der Dinge, welcher jedenfalls zu einer Neubearbeitung des Gegenstandes aufforderte, durchforschte ich schon am Ende der 80iger Jahre die Gehirnrinde eingehend bezüglich ihres Verhaltens zu der Speichelsekretion.[1])

Das Ergebnis dieser Untersuchung ging dahin, daß die Rindenpartien, welche sich nach außen und hinten vom Gyrus sigmoideus, sowie über und vor der Fissura Sylvii finden (Fig. 365), auf die Speichelsekretion in deutlicher Weise Einfluß üben.

Eine Ausscheidung von Speichel aus der Submaxillaris und Parotis erfolgte in diesen Versuchen bei der schwachen faradischen Reizung vor allem der Gegend des Gyrus sylviacus anterior und der davor gelegenen Stellen. Häufig überwog der speichelsekretorische Effekt auf der Reizseite, zuweilen aber wurde auf der dem Reize entgegengesetzten Seite mehr Speichelsekretion ausgeschieden.



Fig. 365.
Gehirnrinde des Hundes. — Das dunkler gehaltene Rindenfeld ist bezüglich der Speichelsekretion das am meisten aktive.

Eckhard äußerte sich in einer neueren Arbeit gegen die Annahme einer direkten kortikalen Wirkung auf die Speichelsekretion. Nach seiner Annahme konnte der speichelsekretorische Erfolg in meinen Versuchen bedingt sein einerseits durch die angewandte Kuraresierung, andererseits durch eintretenden Tetanus des Facialiscentrums.[2]) Nun ist es zwar richtig, daß das Kurare auf die Speichelsekretion Einfluß hat, aber jeder wird einsehen, daß die Wirkung einer bestimmten Stelle des Nervensystems nur dann als wirklich vorhanden gelten kann, wenn eine zum Stillstand gekommene Sekretion bei entsprechender Reizung sich wieder erneuert oder wenn eine bestehende Sekretion nach Applikation

[1]) W. Bechterew u. N. Mislavski, Medic. obošrên. 1888, Bd. 30 und Neurolog. Centralbl. 1888, Bd. 7 u. 1889, Bd. 8.
[2]) Eckhard, Neurolog. Centralbl. 1889, Bd. 8, S. 65.

eines Reizes schnell sich steigert. So verhielt es sich natürlich auch in meinen Versuchen.[1]) Es blieb und bleibt kein Zweifel übrig, daß es sich dabei um echte Rindenwirkungen handelte. Doch muß man sich immerhin erinnern, daß das Kurare weitaus nicht in allen Fällen die Speichelsekretion antreibt. Wenigstens wurde in meinen Versuchen die mäßige Kuraresierung nicht von einer Steigerung der Speichelsekretion begleitet.

Was den Einfluß der Tetanisierung des Facialiscentrums betrifft und der dadurch bewirkten Gesichtskrämpfe (Hitzig), so entspricht erstens die von mir angegebene Rindenstelle ihrer Lage nach nicht dem Rindencentrum des Facialis, dessen mäßige Reizung keine Ausscheidung von Speichelsekret anregt, und zweitens schließt schon die Erregung der kortikalen Speichelsekretion bei der Kuraresierung unter

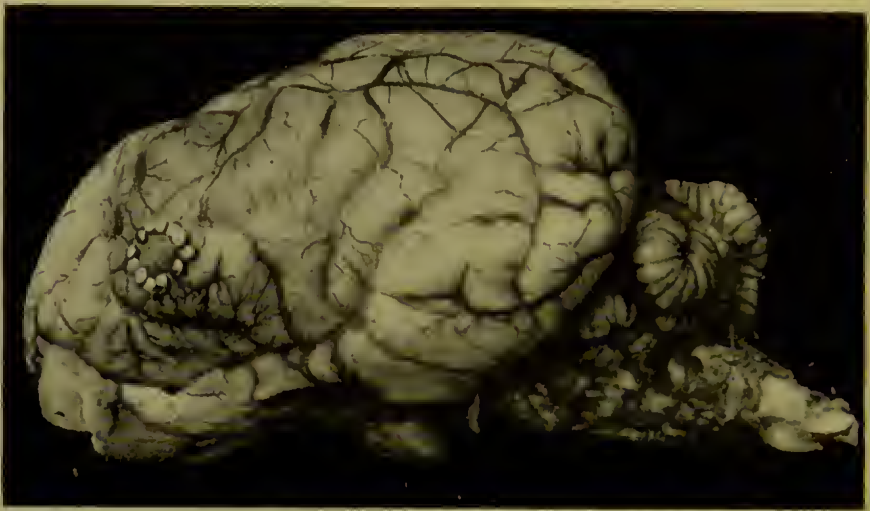


Fig. 366.
Gehirn des Hundes. — Das kortikale Speichelcentrum ist durch eingeführte Stecknadeln seiner Lage nach angegeben.

Verhältnissen, wo von Krämpfen nicht die Rede sein kann, an und für sich die Möglichkeit aus, daß diese Sekretion bedingt sein konnte durch mechanische Momente bezw. durch die Krämpfe im Facialisgebiet, welche angeblich direkt auf die speichelsekretorischen Organe einwirken sollen.

Da die Mitteilung von Fluck aus Eckhard's Laboratorium auch nach meinen diesbezüglichen Erläuterungen das Bestehen speichelsekretorischer Rindencentra ableugnete[2]), so ließ ich in meinem Laboratorium die ganze Frage der kortikalen Speichelsekretion neu beprüfen (Dr. Bary). Diese Untersuchungen[3]) fielen vollkommen übereinstimmend mit meinen früheren Ergebnissen aus.

Bei der Reizung des Gyrus suprasylviacus kam es in 10 Versuchen zu einer hochgradigen Speichelsekretion. Wegen der bezüglichen Einwendungen Eckhard's haben wir in diesen Versuchen die

---

[1]) Bechterew u. Mislavski, Neurolog. Centralbl. 1889.
[2]) Fluck, Inaug.-Diss. Gießen 1889.
[3]) Dr. Bary, Neurolog. vêstn. 1899, Bd. 7.

Kuraresierung unterlassen und die Versuchstiere mit schwachen Morphindosen oder auch manchmal mit Chloroform narkotisiert.

Nach der Durchschneidung des M. geniohyoideus und M. genioglossus und nach dem Auseinanderziehen der Fasern des M. styloglossus wurden die WHARTON'schen Gänge bloßgelegt und in sie je eine Kanüle eingeführt. Die Reizung der Gehirnrinde geschah durch eine Trepanationsöffnung mit schwachen faradischen Strömen unter Benutzung von Platinelektroden.

In einigen dieser Versuche bewirkte selbst die Reizung mit maximalen Strömen, welche bereits Krämpfe auslöste, gar keine Speichelausscheidung. Daß in diesen Fällen eine mechanische Behinderung des Speichelaustrittes nicht vorlag, ergab sich daraus, daß die Reizung der Mundschleimhaut mit verdünnter Essigsäure eine mehr oder weniger beträchtliche Speichelausscheidung zur Folge hatte. Worauf das negative Ergebnis in diesen Versuchen beruhte, will Dr. BARY nicht endgültig entscheiden, doch bemerkt er mit Recht, daß auch an beststudierten Rindencentren gelegentlich solche negativen Erfolge auftreten. Diese Versuche beleuchteten bis zu einem gewissen Grade die Ursache der vorhin angegebenen Meinungsdifferenzen bezüglich der kortikalen Speichelcentra und erbrachte zugleich den Beweis, daß Krämpfe an und für sich nicht im Stande sind, eine mehr oder weniger auffallende Speichelausscheidung hervorzurufen.

Freilich war in der Mehrzahl der hier in Rede stehenden Versuche, nämlich in 10 von 14, bei der Reizung bestimmter Stellen der Gehirnrinde eine deutliche Speichelausscheidung zu bemerken. Diese „Punkte" wiesen bezüglich ihrer Lage zuweilen nicht unbedeutende individuelle Schwankungen bei den Versuchstieren auf; aber sämtliche Punkte fanden sich nahe bei einander gerade an jener Rindenstelle, welche auch in meinen vorhin erwähnten Versuchen Speichelausscheidung ergab, nämlich im Gebiete des Gyrus suprasylvius anterior bezw. des Gyrus coronalis (Fig. 366).

In der gleichen Rindenregion findet sich, wie durch Untersuchungen meines Laboratoriums festgestellt wurde, auch das kortikale Geschmackcentrum (s. unten).

Die Reizung der erwähnten Rindenpunkte mit faradischen Strömen (von 12—15 cm Rollenabstand) (Fig. 366) ergab schon nach 20—30 Sekunden mehrere Tropfen Speichel. In einigen der Versuche fiel die Latenzzeit noch kürzer aus. So z. B. zeigten sich in einem Falle 6 Tropfen nach Verlauf von 10 Sekunden, in einem anderen Falle wurden in dem gleichen Zeitraum 20 Tropfen Speichel ausgeschieden. Andererseits mußte in manchen Versuchen, besonders nach mehrfacher Reizung, also bei erschöpfter Drüsentätigkeit, die Reizung 45—50 Sekunden fortgesetzt werden.

Wenn man die Reizung aussetzte, hörte in der Regel auch die Speichelsekretion auf, aber in einem Falle dauerte die Ausscheidung des Speichels noch einige Zeit (1—2 Minuten) nach der Abnahme der Elektroden fort, kam aber dann vollkommen zum Stillstand.

In der Mehrzahl der Versuche schied die kontralaterale Kanüle mehr Speichel aus, als die Kanüle der Reizseite. Doch wurde in einem Fall das umgekehrte Verhalten beobachtet.

Der ausgeschiedene Speichel erschien durchsichtig, hell und wenig fadenziehend. Er entsprach also in jeder Beziehung dem Chordaspeichel. Aber nach mehrfacher Reizung wurde in einzelnen Fällen ein dicker, weißlicher, fadenziehender Speichel ausgeschieden.

Auch Eckhard erhielt nach der Durchschneidung des Sympathicus gegen Ende des Versuches ebenfalls dicken Speichel.

In einigen Fällen beobachtete man neben dem speichelsekretorischen Effekt der Rindenreizung Schluckbewegungen und Kontraktionen der Muskeln des Mundbodens. Dies beruhte auf der nachbarlichen Lage des Schluckcentrums und der Centra für die Zungenbeinmuskulatur.

Es handelt sich hier augenscheinlich um eine topographische Nachbarlage der kortikalen Speichelcentra mit funktionell nahestehenden Centren, zu denen auch das Schluckcentrum gehört.

Doch konnten die erwähnten Kontraktionen der Muskeln des Mundhöhlenbodens für die Ausscheidung des Speichels nicht von Bedeutung sein. Denn gerade in denjenigen Versuchen, wo das Ergebnis ganz tadellos ausfiel, waren solche Kontraktionen nicht vorhanden. Wenn

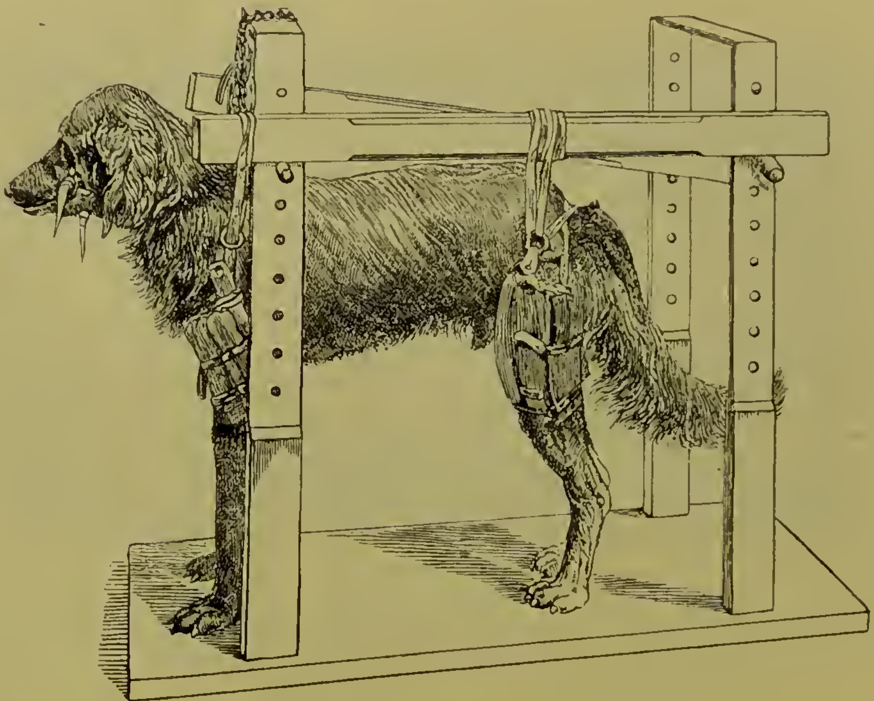


Fig. 367.
Versuch über psychoreflektorische Speichelsekretion beim Hunde.

man andererseits durch Reizung der motorischen Rindencentra Krämpfe erzeugte, so trat eine Speichelausscheidung nichtsdestoweniger nicht auf, wenigstens so lange es nicht zu einem allgemeinen epileptischen Anfalle kam.

Ferner haben Untersuchungen von Dr. Bělicki (aus meinem Laboratorium) zu dem Ergebnisse geführt, daß die elektrische Reizung einer bestimmten Rindenstelle nach außen vom unteren Ende des Sulcus cruciatus Speichelausscheidung bewirkt, welche nach dem Aussetzen des Reizes zum Stillstande kommt. Deutlich überwog dabei der Einfluß der kontralateralen Gehirnhemisphäre auf die Speichelsekretion. Seinen physikalischen Eigenschaften nach entsprach der hierbei ausgeschiedene Speichel gewöhnlich demjenigen, welchen man durch die Reizung der Chorda tympani erhält (durchsichtig, wenig fadenziehend). In einem Fall, wo es infolge von Rindenreizung zur Ausbildung eines epi-

leptischen Anfalles kam, wies der sezernierte Speichel eine gesteigerte Konsistenz und eine weißlich-trübe Färbung auf.

Auch bei Gelegenheit dieser Experimente konnte eruiert werden, daß Muskelkontraktionen an und für sich nicht Speichelausscheidung bewirken. Andererseits trat bei minimaler Rindenreizung Speichelsekretion unbegleitet von Muskelkontraktionen auf.

Neuerdings demonstrierte Dr. Spirtov in meinem Laboratorium auf Grund zahlreicher Experimente über das kortikale Speichelcentrum die Wirkung der elektrischen Reizung dieses Centrums vor einer zahlreichen Versammlung. Die vorhin angegebene Topographie des speichelsekretorisch aktiven Rindenfeldes wurde dabei ebenfalls im allgemeinen bestätigt; als am meisten erregbarer Teil der Rinde bezüglich der Speichelsekretion ergab sich ihm ein kleines Feld im Bereiche des Gyrus anterior compositus (Fig. 368).

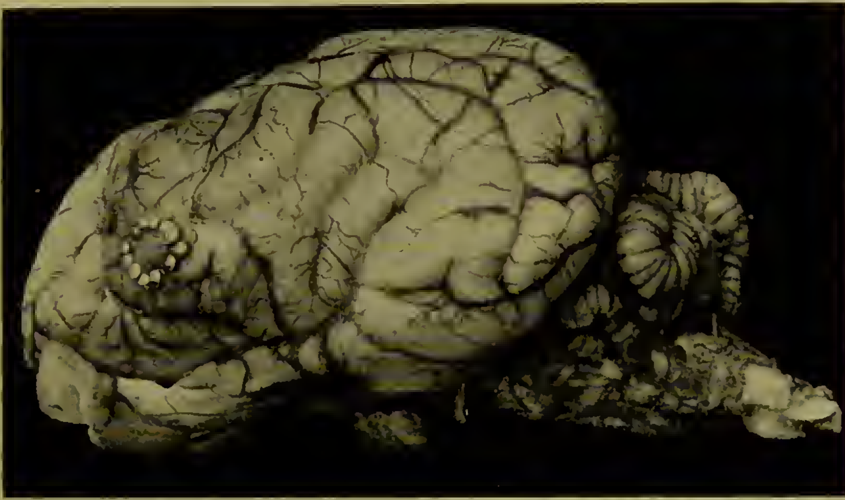


Fig. 368.
Hundegehirn. — Das Rindencentrum der Speichelsekretion ist durch eingeführte Stecknadeln seiner Lage nach umgrenzt.

Eine weitere Untersuchungsreihe meines Laboratoriums an erwachsenen Hunden (Dr. Kerber) bezeugte in positivem Sinne, daß die Gehirnrinde im Gebiete des lateralen Endes des Sulcus cruciatus auf die Speichelsekretion Einfluß übt.[1])

Die spezielle Aufgabe dieser Untersuchungsreihe war die Darstellung des Zustandes der speichelsekretorischen Centra neugeborener Tiere.

Man experimentierte hierbei an neugeborenen Welpen. In den Ductus Whartonianus wurde eine besonders geformte Kanüle eingeführt, bestehend aus einer über der Flamme gerade gerichteten Glasfeder bezw. einer Kymographenkanüle mit abgebrochenem breitem Ende.

Aus acht Versuchen an Welpen verschiedenen Alters, bis zu 12 Tagen inklusive, konnte erschlossen werden, daß bei neugeborenen Hunden die Reizung der Region des Speichelcentrums mit schwachen faradischen

[1]) Dr. Kerber, Über die Funktion der Speicheldrüsen bei Brustkindern. Dissert. St. Petersburg 1900.

Strömen gar keine Wirkung hat. Dagegen bewirkte die Reizung der Chorda tympani eine deutliche Speichelsekretion, wozu es bei ganz jungen Welpen eines Rollenabstandes von 5 cm, bei Welpen von 10 bis 12 Tagen eines dreimal schwächeren Stromes bedurfte.

Auch die Reizung des centralen Endes des N. lingualis mit starken Strömen (5 cm Rollenabstand) führte zur Speichelausscheidung aus der Unterkieferdrüse; schwächere Ströme dagegen blieben für gewöhnlich ohne Wirkung auf die Speichelsekretion.

Überhaupt erwies sich die Chorda tympanica zufolge diesen Untersuchungen beim Hunde schon in den ersten Lebenstagen für sekretorische Impulse als leitungsfähig. Am 10.—12. Tage erscheint die Chorda tympanica schon annähernd ebenso erregbar, wie bei erwachsenen Tieren. Da man zugleich erkannte, daß auch die Reizung des centralen Endes der Chorda eine speichelsekretorische Wirkung liefert, so vollzieht sich bei jungen Welpen offenbar schon auch die sympathische Speichelsekretion.

Unzweifelhaft funktionsfähig ist bei den Welpen auch das reflektorische Speichelcentrum, was aus dem früher erwähnten Umstande hervorgeht, daß die Reizung des centralen Endes des N. lingualis einen speichelsekretorischen Effekt hat. Zugleich aber gelingt es bei so jungen Hunden nicht, mit wie starken Strömen man die Rindengegend, welche der Lage des Speichelcentrums erwachsener Hunde entspricht, auch reizen mag, eine sekretorische Wirkung dadurch anzuregen.

Nicht erzielbar ist von bei den Welpen auch die psychische Speichelsekretion, während die reflektorische Speichelausscheidung schon bei eben geborenen Welpen möglich ist und durch die Reizung des centralen Endes des N. lingualis leicht hervorgerufen werden kann.

Diese Befunde gewinnen noch mehr an Bedeutung dadurch, daß gegen den 10.—12. Lebensmonat bei der Mehrzahl der Hunde das kortikale Facialiscentrum, wie ich experimentell feststellte, bereits wohl ausgebildet erscheint.

Würde es sich bloß um eine Reizausbreitung von der Rinde auf subkortikale Centra oder um Stromwirkung auf das Facialiscentrum und um die Entstehung von Speichelausscheidung durch Gesichtskrämpfe handeln, wie dies Eckhard annimmt, dann müßten wir bei den Welpen, wenn man die geringe Größe ihres Gehirns bedenkt, konstant eine speichelsekretorische Wirkung erhalten. Wenn dies aber in Wirklichkeit nicht so der Fall ist, so rührt dies nur daher, daß das kortikale Speichelcentrum in der angegebenen Altersperiode noch unausgebildet ist.

Dieses Verhalten weist auch darauf hin, daß es sich im Falle der Reizung bei erwachsenen Tieren um ein besonderes Rindencentrum handelt, welches durch entsprechende psychische Impulse, die zur Speichelsekretion führen, angeregt wird.

Über die Zustände der reflektorischen Speichelsekretion bei bilateraler Abtragung der Rindencentra liegen aus meinem Laboratorium spezielle Befunde vor. Sie bezeugen, daß Hunde nach vollzogener Abtragung der kortikalen Speichelcentra auf akustische und optische Reize (Vorhalten von eßbaren Dingen) gar nicht reagieren. Aber auf die speichelsekretorischen Wirkungen der Geruchs- und Geschmacksreize übte die Abtragung der Rindencentra keinen Einfluß aus.

Man ersieht daraus, daß der akustische und optische Reflex unter Mitwirkung des erwähnten kortikalen Centrums zu Stande kommt, während der Geruchs- und Geschmacksreflex durch subkortikale Formation übermittelt wird.

Die in meinem Laboratorium ausgeführten Untersuchungen von Dr. Spirtov haben jedoch gezeigt, daß der Verlust der optischen und akustischen Assoziationsreflexe nach zweiseitiger Abtragung der kortikalen Speichelcentra nur ein vorübergehender ist. Denn nach etwa einer Woche rehabilitieren sich diese Reflexe allmählich. Es findet wahrscheinlich eine Kompensation durch subkortikale Speichelcentra statt.

Das Vorhandensein kortikaler Speichelcentra ist unlängst von Tihomirow bestritten worden. Die Abtragung der kortikalen Speichelcentra soll in seinen Versuchen angeblich die assoziativen (bedingten) Speichelreflexe nicht alteriert haben. Aber in diesen Versuchen blieb gerade ein Teil des Gyrus compositus anterior erhalten. Außerdem fand die Untersuchung der operierten Tiere nach Verlauf von Wochen statt, als bereits die Phase der Kompensation eingetreten war. Reizungsversuche hat Dr. Tihomirov zudem nicht ausgeführt.

2. Die Wirkungen der Gehirnrinde auf die Magensaftsekretion.

a) Psychische Einflüsse auf die Sekretion des Magensaftes.

Um das Verhältnis der Gehirnrinde zu der Magensaftsekretion von vornherein richtiger zu beurteilen, erinnere man sich vor allem der allgemein bekannten Wirkungen psychischer Momente auf die verdauende Kraft des Magens. Depressive psychische Zustände schwächen die verdauende Kraft des Magens stets in mehr oder weniger auffallender Weise, während umgekehrt eine angenehme Gemütsstimmung die verdauende Tätigkeit des Magens unterstützt. Darauf beruht u. a. der Nutzen der Tafelmusik und einer anregenden Unterhaltung bei Tisch. Bekannt ist aber auch, daß schon der bloße Anblick eines leckeren Bissens das Eßbedürfnis sehr erheblich steigert und das Gefühl des Hungers empfindlicher macht.

Diese Beobachtungen hängen augenscheinlich mit dem Einfluß psychischer Momente auf die Intensität der Magensaftsekretion zusammen. Die entsprechenden physiologischen Ermittelungen bestätigen in der Tat die Richtigkeit dieser Auffassung.

Schon Bidder und Schmidt (1852) ist es gelungen, an Magenfistelhunden darzutun, daß schon das bloße Vorhalten des Futters genügt, damit einige Zeit darauf eine reichliche Ausscheidung von Magensaft aus der Fistel einsetzt.

Ganz analoge Beobachtungen machte Richet an einem gewissen Morcelin, welchem der Chirurg Verneuil wegen einer Oesophagusverwachsung eine Magenfistel angelegt hatte. [1])

Jedesmal, wenn der Kranke irgend etwas Süßes oder Saures zu kauen anfing (z. B. Zucker, eine Zitrone u. dgl.) begann aus der Fistel reiner Magensaft auszufließen.

---

[1]) Bidder u. C. Schmidt, Die Verdauungssäfte usw. Mitau 1852.

[1]) Richet, Journ. de l'anatomie et de la physiologie 1878.

In dieser Beobachtung handelte es sich zwar um die reflektorische Wirkung der Mundhöhlenreizung auf die Sekretion des Magensaftes. Aber aus den Versuchen von Pavlov und Schumova folgt, daß auch in diesem Fall der sekretorische Effekt im wesentlichen und hauptsächlichen nicht von dem Mundhöhlenreflex, wie man meinen sollte, sondern von entsprechenden psychischen Einflüssen abhängig ist.

Unter allen Umständen ist durch die Experimente von Bidder und Schmidt der sichere Beweis erbracht, daß dem psychischen Moment ein bestimmter Einfluß auf die Sekretionstätigkeit der Magendrüsen zukommt.

Dies bezeugen auch die Ergebnisse der Untersuchungen von Pavlov und Schumova an Magenfistelhunden, bei welchen der Oesophagus durchschnitten und das obere Ende in die Halswunde eingenäht wurde.

Zeigte man einem solchen Hunde von weitem ein Stück Fleisch oder einen sonstigen Leckerbissen, so kam es schon dadurch zu einer fast ebenso reichen Ausscheidung von Magensaft, wie bei der sog. Scheinfütterung, wobei das aufgenommene und verschluckte Futter durch die Halswunde wieder nach außen gelangte, natürlich ohne in den Magen zu gelangen.

Pavlov schließt daraus, daß auch in dem Scheinfütterungsversuch das psychische Moment, die leidenschaftliche Lust nach Nahrung den Impuls bildet, welcher die Ausscheidung des Magensaftes anregt. Dieser Schluß wird dadurch als richtig erhärtet, daß das hungernde Tier bei der Scheinfütterung stets mehr Magensaft ausscheidet, als ceteris paribus ein nicht hungerndes Tier. Ferner ist bei der Fütterung mit Fleisch, welches Hunde meist dem Brot vorziehen, die Magensaftsekretion meist lebhafter, als bei der Brotdarreichung. — Betrachtet man die ganze Erscheinung vom rein physiologischen Standpunkt, bemerkt Pavlov, so muß man sagen, daß hier ein zusammengesetzter Reflex vorliegt.

Daß der Reflex zusammengesetzt ist, erscheint begreiflich, denn das physiologische Ziel kann im vorliegenden Fall nur durch eine ganze Reihe von Organismustätigkeiten erreicht werden. Das Objekt der Verdauung, die Nahrung, befindet sich außerhalb des Körpers, in der Außenwelt; es muß dem Körper zugeführt werden nicht nur mit Hilfe der Muskelkräfte, sondern auch unter Mitwirkung der höheren Organismusfunktion — des Verstandes, des Willens und Wollens des Tieres.

Daher findet sich der mächtigste und nächste Erreger der sekretorischen Nerven der Magendrüsen in der gleichzeitigen Reizung des Auges, des Gehörs (des Tastsinnes?), des Geruchs und Geschmacks durch die Nahrung, namentlich aber des Geruchs und Geschmacks, denn die Tätigkeit dieser beiden Sinne hängt auf das engste zusammen mit dem Auffinden der Nahrung in der Nähe oder im Bereiche des Tieres. Durch den leidenschaftlichen Instinkt des Eßbedürfnisses verband die hartnäckige und unermüdliche Natur von jeher das Erbeuten der Nahrung mit dem Anfang ihrer Bearbeitung im Organismus. Es ist nicht schwer zu erraten, daß diese Tatsache im nächsten Zusammenhang steht mit jener alltäglichen Erscheinung im Menschenleben, welche wir Appetit nennen.

Der Appetit ist der erste und mächtigste Erreger der sekretorischen Nerven der Magendrüsen. Ein starker Appetit beim Essen bedeutet,

daß vom Anbeginn des Essens eine reichliche Ausscheidung des Magensaftes stattfand. Fehlt der Appetit, so ist auch dieser Anfangssaft nicht vorhanden. Jemandem dem Appetit wiedergeben heißt, ihm eine größere Menge guten Magensaftes im Beginn der Mahlzeit verschaffen.[1])

Diese Sätze werden, wie mir scheint, durch Scheinfütterungsversuche an entrindeten Tieren wesentlich an Vollständigkeit und Überzeugungskraft gewinnen. Doch geht aus bisherigen Darlegungen schon jetzt mit Sicherheit hervor, daß die Gehirnrinde als Organ der psychischen Tätigkeiten einen außerordentlichen Einfluß auf die Vorgänge der Magensaftausscheidung üben muß.

Diese Annahme wird übrigens auch experimentell als vollkommen zutreffend erhärtet. Denn Bufalini beobachtete den Eintritt von Magensaftausscheidung unter dem Einflusse der Reizung der Gehirnrinde.[2])

Ferner bemerkte Goltz bei Tieren, denen die vorderen Teile des Gehirns exstirpiert worden waren, außer Veränderungen des Charakters eine hochgradige Abmagerung, trotzdem diese Tiere recht gefräßig waren.[3])

b) Die Rindencentra der Magensaftsekretion.

Wenn aus den bisher dargelegten Befunden auch zu erschließen ist, daß die Gehirnrinde unzweifelhaft auf die Magensaftsekretion Einfluß übt, so sind über die Lage der Rindenfelder, welche mit diesen sekretorischen Vorgängen im Zusammenhange stehen, bisher irgendwelche Ermittelungen nicht beigebracht worden. Dieser Gegenstand ist erst in neuester Zeit auf meine Veranlassung durch Experimente an Hunden in Angriff genommen worden (Dr. Gerver in meinem Laboratorium).[4]) Das Ergebnis dieser Untersuchungen fiel so positiv aus, daß ich hier darauf näher eingehen werde.

Die betreffenden Versuche wurden an Hunden ausgeführt, bei denen in der Chloroformnarkose auf gewöhnliche Weise eine Magenfistel angelegt worden war unter Beobachtung aller aseptischen und antiseptischen Kautelen.

Dann wurde der Hund, nachdem die Fistelwunde definitiv geheilt war, in der Narkose oder auch ohne Narkose trepaniert. Einen Tag vor der Trepanation erhielt der Hund kein Futter, um bei der Rindenreizung ganz reinen, mit anderem Mageninhalt ungemischten Magensaft zu erhalten.

Hatte sich der Hund von der Trepanation ein wenig erholt, dann sammelte man allen vorhandenen Magensaft. Zu diesem Zwecke suspendierte man den Hund mittels Tragbänder im gewöhnlichen Gestell und öffnete das Fistelrohr, aus welchem nun aller Mageninhalt ausfloß, bestehend aus Magensaft mit Beimengung von Schleim. In demselben Gestell vollzog man nicht selten auch die Rindenreizung. In anderen Versuchen jedoch benutzte man statt dessen einen Tisch mit ovaler, 20—25 cm langer Öffnung in der Mitte. An diesem Tisch wurde der Hund so festgebunden, daß die Magenfistel genau über der Öffnung zu liegen kam und der Magensaft direkt in einen unter der Tischöffnung bereitgestellten Messingzylinder ausfließen konnte.

In vielen Fällen unterband man den Oesophagus, um dem Speichel den Eintritt in den Magen zu hindern, und außerdem erhielt der Pylorus eine Liga-

---

[1]) J. P. Pavlov, Vorlesungen über die Arbeit der Verdauungsdrüsen. S. 108 bis 109.

[2]) Viault et Joliet, Physiologie humaine 1898.

[3]) Goltz, Arch. f. Psych. Bd. 34.

[4]) A. V. Gerver, Über den Einfluß des Gehirns auf die Sekretion des Magensaftes. Verhandl. der Gesellsch. Russ. Ärzte zu St. Petersburg am 11. November 1899. Obosrên. psihiatr. 1900.

tur, damit keine Galle in den Magen gelangen konnte. In einzelnen Versuchen wurden die Fistelhunde kuraresiert.

Die Menge des ausgeschiedenen Magensaftes bestimmte man entweder nach der Zahl der in einer Minute ausfließenden Tropfen oder durch Messung im Maßzylinder. Den ausgeschiedenen Magensaft schied man durch Filtrieren vom Schleim, worauf er auf seinen Gehalt an Salzsäure und Pepsin untersucht wurde.

Die Gegenwart von Salzsäure bestimmte man durch Tropaeolin, Kongopapier, sowie durch Phloroglucin-Vanillin. In einzelnen Versuchen wurde die Gesamtsäuremenge durch Titrieren mittels einer decinormalen Ätznatronlösung bestimmt; maßgebend war dabei das Auftreten von Rosolsäure. Die Anwesenheit von Pepsin wurde nach der Methode von Metig bestimmt (Bestimmung der verdauenden Kraft durch Auflösen von bei 95° geronnenem Eiereiweiß im Magensafte, wobei die in kleinen Glasröhren von 1—2 mm Durchmesser eingeschlossenen Eiweißstäbchen in kleine Stücke gebrochen und in 2—3 ccm des zu untersuchenden Magensaftes bei 37—38° auf 10—12 Stunden gebracht werden).

Die Reizung der Gehirnrinde erfolgte mittels faradischer Ströme, aber man schritt zu der Reizung nur dann, wenn kein Magensaft ausfloß; ebenso wiederholte man die Reizung nur in dem Fall, wenn die Wirkung der vorhergegangenen Reizung verschwunden war.

In einzelnen Versuchen kam die Durchschneidung des Rückenmarkes und der Vagi hinzu. In manchen Fällen nahm man außerdem die Rindenstellen, welche Magensaftsekretion ergaben, durch Abtragung fort; die so operierten Hunde wurden dann behufs weiterer Verfolgung der Bedingungen der Magensaftausscheidung zurückgestellt.



Fig. 369.
Gehirn des Hundes. — Die Reizung des Rindenfeldes *C* bewirkt Magensaftsekretion.

Wie sich nun bei diesen Untersuchungen herausstellte, findet sich an der Oberfläche der Gehirnrinde ein genau lokalisierbares Feld von etwa $^1/_2$ cm Durchmesser, bei dessen elektrischer Reizung eine sehr bemerkbare Ausscheidung des Magensaftes auftritt.

Dieses Magenfeld der Gehirnrinde findet sich nach außen von dem vorderen Abschnitt des Gyrus sigmoideus bezw. im Bereiche des Gyrus praecruciatus am allervordersten Ende der dritten Primärwindung, an der Grenze ihres Zusammenflusses mit dem vorderen Ende der zweiten Primärwindung (Fig. 369).

Dabei muß bemerkt werden, daß die Reizung der Rinde an der soeben angegebenen Stelle sowohl die Sekretion der Schleimdrüsen des Magens, als auch die Ausscheidung des Magens anregt.

Im Beginne der Reizung trat aus der Magenfistel in der Regel ein ziemlich dicker, alkalisch reagierender Schleim aus. Nach 1—2 weiteren Reizungen begann mit dem Schleim flüssiger Magensaft von deutlich saurer Reaktion auszufließen, und schließlich lieferte die Fistelöffnung nur reinen Magensaft.

Man ersieht daraus, daß bei der Rindenreizung der Magensaftausscheidung eine Sekretion der Magenschleimdrüsen vorausgeht, eine Erscheinung, welche dem physiologischen Verhalten der Magendrüsen vollkommen entspricht. Nach dem Ergebnis der obigen Experimente

muß in diesem Rindenfelde auch ein Centrum für die Schleimsekretion des Magens lokalisiert sein.

Gewöhnlich setzt die Magensaftsekretion 2—3 Minuten nach dem Beginn der Reizung ein, manchmal vergeht aber ein noch längerer Zeitraum.

Setzt man die Reizung des Magenfeldes 4—5 Minuten fort, so nimmt die Menge des ausgeschiedenen Magensaftes gegen Ende der Reizung allmählich zu, ja die Ausscheidung kann selbst noch einige Zeit nach der Abnahme der Elektroden (10—12 Minuten) fortdauern; dann läßt sie allmählich nach, wenn auch kleinere Mengen noch während 30—50 Minuten aus der Fistel hervortreten.

Der Eintritt von Speichel in den Magen während der Reizung wurde in einzelnen Fällen, wie schon gesagt, durch die Unterbindung des Oesophagus, der Eintritt von Galle durch die Unterbindung des Pylorus verhindert. Außerdem konnte auch durch die chemische Prüfung mit Sicherheit festgestellt werden, daß es sich in diesem Fall, abgesehen von der Schleimausscheidung, um eine wirkliche Magensaftsekretion handelte, denn die entsprechenden Reaktionen ergaben die Anwesenheit von Salzsäure und Pepsin in dem Sekret.

Wie sich in einer Reihe von Spezialversuchen herausstellte, veränderte die Umschneidung des kortikalen Magenfeldes die obige Wirkung in keiner Weise, während die Unterminierung des Feldes den ganzen Effekt der Reizung sofort aufhob. Daraus folgt, daß hier der Nachweis eines wirklichen Rindencentrums vorliegt und daß nicht etwa die Erregung erst tieferliegenden Teilen übermittelt und dadurch die sekretorische Wirkung hervorruft.

Auszuschließen ist auch die etwaige Voraussetzung, daß die Ausscheidung des Magens in diesen Versuchen auf rein mechanischem Wege stattfand (infolge eintretender Magenbewegungen und Expression des Drüseninhaltes). Denn 1. wurde in diesen Versuchen zuerst Schleim sezerniert, dann erst Magensaft, was selbstverständlich schon an sich auf eine chemische Magentätigkeit hinweist; 2. die Sekretausscheidung schloß sich gewöhnlich nicht gleich an die Reizung an, sondern erst nach 2—3 oder mehr Minuten, während bei mechanischer Expression der Magensaft schon viel früher aus der Fistel hätte ausfließen müssen; endlich 3. konnten bei weit eröffneter Bauchwunde während der Reizung Kontraktionen des Magens nicht beobachtet werden.

Nach allem dem bleibt also nur der Schluß übrig, daß wir es hier mit einem Rindenfelde zu tun haben, welches auf die sekretorische Tätigkeit der Magendrüsen Einfluß hat.

Es ist bemerkenswert, daß gerade diese Rindenstelle, wie aus den weiteren Versuchen zu erkennen war, bei dem Psychoreflex eine Rolle spielt, welcher durch Vorhalten von Eßbarem bei dem Versuchstier ausgelöst werden kann. Wenn man nämlich das kortikale Magenfeld auf beiden Seiten abträgt, dann läßt sich durch Vorhalten von Fleischstücken nicht mehr, wie bei gesunden Tieren, die Magensaftsekretion anregen.

Daß das Gehirntrauma in diesem Fall keinen wesentlichen Einfluß auf die Sekretionsverhältnisse hat, bezeugten Kontrollversuche, wo man bilateral ebensogroße Rindenflächen, aber an anderen Stellen (z. B. im Gebiete des Schläfenlappens) abtrug, die mit der Magensaftsekretion nichts zu tun haben. Nach diesem Eingriff erfolgte die sekretorische

Wirkung beim Vorzeigen eines Stückes Fleisch genau so prompt, wie bei einem nicht entrindeten gesunden Tiere.

Man ersieht daraus, daß die Rindencentra, von welchen hier die Rede ist, bei der Ausscheidung des sog. „psychischen“ Magensaftes, wie sie unter dem Einfluß des Appetites erfolgt, eine wesentliche Rolle spielt.

Um zu eruieren, welche Wege der Impuls von dem kortikalen Magenfelde zu den Magendrüsen durchläuft, wurde der Vagus 2—3 cm unterhalb der Arteria subclavia und unterhalb der Abgangsstelle des N. laryngeus superior nach der von Pavlov vorgeschlagenen Methode durchschnitten.

Nach der Durchschneidung eines der beiden Vagi, z. B. des rechten, bewirkte die Reizung des kortikalen Magenfeldes der kontralateralen linken Hemisphäre eine weitaus schwächere Magensaftsekretion, als im Falle der Unversehrtheit des rechten Vagus. Die Reizung des gleichen Rindenfeldes auf der Seite des durchschnittenen Vagus regte eine etwas lebhaftere Magensaftausscheidung an, als die Reizung dieses Feldes an der entgegengesetzten Hemisphäre.

Die Durchschneidung beider Vagi hob jede Magensaftsekretion bei der Rindenreizung gänzlich auf.

In Übereinstimmung mit diesem Ergebnis hat Češkov experimentell dargetan, daß bei den vagotomierten Tieren eine psychische Phase der Magensaftsekretion nicht vorkommt und auch die psychisch bedingten Magenbewegungen nicht zu Stande kommen.

Offenbar schlägt also die Erregung in den hier betrachteten Fällen von der Rinde aus die Bahn des Vagus ein. Sie verläuft dabei bilateral, doch überwiegt die gekreuzte Wirkung. Da die Durchschneidung des Vagus in diesen Versuchen, wie gesagt, unterhalb der Abgangsstelle der Kehlkopf- und Herzäste dieses Nerven stattfand, nur unter Durchschneidung seiner Lungen- und Bauchäste, so ist offenbar nicht daran zu denken, daß Störungen der Herz- oder Gefäßtätigkeit in diesen Versuchen irgend eine Rolle spielen konnten.

Es handelt sich vielmehr augenscheinlich um eine rein sekretorische Wirkung, welche durch die Reizung der Gehirnrinde bedingt wird.

Somit liefern die obigen Versuche den Nachweis des Vorhandenseins kortikaler Nervencentra, welche auf der Bahn des Vagus die Tätigkeit der Magendrüsen beeinflussen. Bei der Einwirkung psychischer Impulse vollzieht sich die sog. psychische Ausscheidung des Magensaftes im Zusammenhange mit den Erscheinungen des sog. Appetites, welche auf rein psychischen Momenten (Anblick einer Speise, Vorstellung einer Mahlzeit u. dgl.) beruhen.

Aus neueren Ermittelungen meines Laboratoriums (Dr. Greker) geht hervor, daß die Abtragung dieser Centra den assoziativen Magensaftreflex nur vorübergehend (für etwa 7—8 Tage) aufhebt, worauf allmählich eine Kompensation durch subkortikale Centra stattfindet. Daher liefert die Prüfung der Magensaftreflexe nach der angegebenen Zeit kein entsprechendes Resultat.

c) Pathologische Zustände.

Eine Nachprüfung der physiologischen Befunde über die Verhältnisse der Magensaftsekretion hat Bulavinzov am Menschen durchgeführt.

Er untersuchte den nach vorheriger Magenausspülung mit der Sonde gewonnenen Magensaft auf seine allgemeine Azidität, auf freie und gebundene Salzsäure (Reaktion nach Günzburg, Kongopapier, Lakmuspapier) und auf seine Verdauungskraft nach Mett. Dann wurden in Gegenwart des Untersuchten in der gewöhnlichen Weise Vorbereitungen zur Mahlzeit getroffen, welche 15—25 Minuten dauerten; der Untersuchte durfte unterdessen weder Speichel schlucken noch seine Finger belecken.

Gleichzeitig mit den Vorbereitungen zur Mahlzeit führte man mit dem Untersuchten eine Unterhaltung über seine Lieblingsspeisen. Dann pumpte man seinen Mageninhalt von neuem aus und untersuchte ihn nach den vorhin angegebenen Methoden.

Man erkannte dabei, daß der psychische Prozeß bezw. der durch optische, akustische und olfaktive Eindrücke hervorgerufene sog. Appetit bei dem Menschen ebenso gut, wie bei den Tieren im Experiment, für die Ausscheidung des Magensaftes von Bedeutung ist. Der Magensaft des Menschen ist jedoch konzentrierter, mit einem Gehalt von mehr als 2‰ Salzsäure; auch die verdauende Kraft des psychischen Magensaftes stellte sich als eine beträchtliche heraus.[1])

Das Centrum der Magensaftsekretion beim Menschen in der Gehirnrinde ist noch nicht genau bestimmt, doch liegen in dieser Beziehung bereits mehrere beachtenswerte Beobachtungen vor.

Sollier versuchte die Lage des Magensaftsekretionscentrums beim Menschen auf ganz besondere Weise zu eruieren.

Er bemerkte, daß bei Hysteriekranken mit Erscheinungen an den inneren Organen in der Regel eine Anästhesie des Schädels mit Schmerzpunkten entsprechend der lokalen Rindenanästhesie besteht, welche mit dem kortikalen Centrum der Eingeweide zusammen fällt. Ganz analoge Verhältnisse bestehen auch bezüglich der Extremitäten; die Paralyse und Anästhesie der oberen oder unteren Extremitäten fällt mit einer anästhetischen Zone am Schädel zusammen, welche den Centralwindungen und der Anästhesie dieser Windungen selbst entspricht. — Auf Grund dieses Prinzipes lokalisierte Sollier das Centrum der Magensaftsekretion beim Menschen im oberen Scheitelläppchen. Dieses Centrum fällt in jeder Hemisphäre mit einem Punkt zusammen, welcher in der Fortsetzung des hinteren Astes der Fissura Sylvii zu liegen kommt.[2])

In analoger Weise lokalisierte Sollier das Herzcentrum ein wenig nach oben von dem vorherigen und zwar sogar in der Gegend der Mittellinie.

Ich glaube meinerseits aber nicht, daß eine derartige Methode uns zu genaueren Aufschlüssen über die Lokalisationsverhältnisse der Rindencentra verhelfen könnte. Eine Bestätigung der Richtigkeit des von ihm befolgten Prinzipes erblickt Sollier in einer Beobachtung, wo es sich um einen Abszeß in der Nachbargegend des Sollier'schen Magencentrums handelte, begleitet von Erscheinungen auffallender Bulimie.[3])

---

[1]) A. J. Bulavinzov, Der psychische Magensaft des Menschen. Dissert. St. Petersburg 1903.

[2]) Sollier, Des centres corticaux des viscères. Congrès d'Alger. 1898. Revue neurol. 1898, Nr. 16.

[3]) Sollier et Delagenière, Le centre cortical des fonctions de l'éstomac. Revue neurol. 1906, Nr. 22.

Der Fall blieb aber unobduziert, da der Kranke nach einem operativen Eingriff genas.

Übrigens war bei dem Charakter der Gehirnerkrankung in diesem Fall nicht die Möglichkeit einer genauen Lokalisation derselben vorhanden.

3. Die Wirkungen der Gehirnrinde auf die Tätigkeit des Pankreas.

a) Der Einfluß psychischer Momente auf die Pankreassekretion.

Gleich der Sekretion der Magendrüsen unterliegt auch die Sekretion des Pankreas dem Einflusse psychischer bezw. kortikaler Impulse. Dies bezeugen u. a. die aus neuerer Zeit vorliegenden Befunde über diesen Gegenstand.

Kuvšinski z. B. hat bemerkt, daß schon die bloße Reizung eines hungernden Tieres durch den Anblick des Futters eine Ausscheidung von Pankreassaft bewirkt.[1])

Da sich jedoch herausstellte, daß dieses Reizen eines hungrigen Tieres eine Ausscheidung von Magensaft nach sich zieht, welcher nach seinem Eintritt in das Duodenum die Sekretionstätigkeit des Pankreas befördert, so lag naturgemäß der Gedanke nahe, ob die obige Pankreassekretion nicht eine direkte Folge der eingetretenen Magensaftsekretion war. Wäre dies so, dann müßte man annehmen, daß dem psychischen Moment ein direkter Einfluß auf die Pankreassekretion nicht zukommt.

Man müßte daher die psychischen Wirkungen auf die Pankreassaftsekretion bei einer besonderen Versuchsanordnung verfolgen, bei welcher sich der Einfluß einer reichen Magenausscheidung eliminieren ließe.

Zu diesem Zweck wäre es am besten, den Magen vom Zwölffingerdarm zu trennen, und nach Anlage einer Magen- und Pankreasfistel das Versuchstier durch Vorzeigen des Futters psychisch zu reizen. Dieser entscheidende Versuch ist aber, soviel ich weiß, bisher nicht gemacht worden. Es gibt aber Befunde, welche in indirekter Weise für das Bestehen psychischer Wirkungen auf die Pankreassaftsekretion sprechen.

Der Magensaft nämlich beginnt unter psychischem Einflusse nach den Beobachtungen Pavlov's beim Hunde in der Regel nicht vor Ablauf von 4 $^1/_2$ Minuten aus der Fistel auszufließen, während der Pankreassaft schon nach 2—3 Minuten hervorzutreten beginnt. Die Pankreassaftsekretion hat also eine längere Latenzperiode. Dieser Befund deutet augenscheinlich auf das Bestehen einer selbständigen psychischen Beeinflussung der Pankreassaftsekretion.

Pavlov weist ferner darauf hin, daß bei hungernden Tieren im Anschlusse an Darmknurren eine kurzdauernde Pankreassaftsekretion auftritt bei Untätigkeit der Magendrüsen. Er nimmt daraufhin an, daß jede vorübergehende Freßlust gleichzeitig die Centra der motorischen Darmnerven und die sekretorischen Centra des Pankreas in Erregung versetzt, aber zu schwach ist, um die in diesem Fall mehr indirekte Magensekretion anzuregen, welche, wie gesagt, eine längere Latenzzeit hat.

---

[1]) P. Kuvšinski, Über den Einfluß einiger Nahrungsstoffe und Medikamente auf die Ausscheidung des Pankreassaftes. Dissert. St. Petersburg 1888.

Wie dem aber auch sei, die obigen Tatsachen weisen entschieden auf die Möglichkeit einer selbständigen psychischen Erregung der Pankreassaftsekretion hin.

Man beobachtet diese Ausscheidung des Pankreassaftes auch bei der Scheinfütterung, wo die Wirkung auf die Magensekretion, wie wir sahen, in erster Linie von psychischen Momenten abhängt.

Eine weitere Tatsache, welche den Einfluß psychischer Momente auf die Pankreastätigkeit beleuchtet, finden wir schließlich in den Ermittelungen Krever's, welcher ganz im Beginn der aus Brod und Fleisch bestehenden Mahlzeit eine spärliche Pankreassaftsekretion beobachtete, welche bei Brod 25 Minuten, bei Fleisch 19 Minuten dauerte, zu einer Zeit, wo nichts in das Duodenum gelangt und wo von einer reflektorischen Erregung des Pankreas von der Schleimhaut des Zwölffingerdarmes hier nicht die Rede sein kann. Diese Wirkung, welche der durch Übertritt von Mageninhalt in das Duodenum bedingten lebhafteren Pankreassaftsekretion vorausgeht, kann entweder reflektorisch vom Magen aus oder durch psychische Faktoren hervorgerufen sein. Krever schließt die Möglichkeit eines Magenreflexes in diesem Fall jedoch aus. Würde es sich hier um eine reflektorische Pankreassaftsekretion handeln, dann sollte sie nach der Meinung Krever's nicht so schnell nachlassen und aufhören, als es in Wirklichkeit der Fall ist, sondern sie müßte im Gegenteil immer stärker werden. Für eine psychische Genese der unmittelbar an den Brod- und Fleischgenuß sich anschließenden Pankreassaftsekretion spricht die zeitliche Identität des Auftretens und Aufhörens dieser Pankreassaftsekretion mit jener, welche man in Fällen von Scheinfütterung beobachtet.[1])

b) Die Rindencentra der Pankreassaftsekretion.

Die soeben angedeuteten Befunde zeugen somit für das Vorkommen einer psychischen Beeinflussung der Pankreassaftsekretion. Es fragt sich daher, wo sich die Rindenregionen finden, welche in dieser Beziehung als wirksam in Betracht kommen.

Bisher haben wir aber keine genauere Kenntnis von den kortikalen Centren der Pankreassaftsekretion. Eine gewisse Andeutung darauf findet man in den Angaben Bochefontaine's, welcher bei der Reizung der vierten Primärwindung am Außenende des Sulcus cruciatus unter anderem eine Abnahme der Pankreassaftsekretion, also gewissermaßen eine Hemmungswirkung beobachtet haben will. Was die Frage nach der Lokalisation der Rindenpartien betrifft, welche eine anregende Wirkung auf die Ausscheidung des Pankreassaftes haben, so fehlten hierüber bis vor kurzem jegliche Daten. Ich ließ daher diesen Gegenstand an der Hand entsprechender Spezialversuche genauer verfolgen.

Aus den hierbezüglichen Versuchen (Dr. Narbut) ging hervor, daß die Reizung der Gehirnrinde im mittleren Teile des vorderen Abschnittes des Gyrus sigmoideus bezw. des Gyrus praecruciatus eine Ausscheidung von Pankreassaft zur Folge hat. Man darf daraus schließen, daß in der motorischen Zone der Gehirnrinde eigene Rindencentra für die Pankreassaftsekretion lokalisiert sind.

[1]) Krever, Analyse der Sekretionstätigkeit des Pankreas. St. Petersburg 1899.

4. Die Wirkungen der Gehirnrinde auf die Gallensekretion.

a) Psychische Gallensekretion.

Seit jeher bekannt ist die Bedeutung des psychischen Momentes für die Ausscheidung der Galle. Viele Kliniker unterscheiden sogar eine besondere Form des Ikterus als nervösen oder spastischen Ikterus. Als wichtigste Ursache dieser Krankheit spielen bestimmte Vorgänge psychischer Hemmung eine Rolle, wie Angst, Zorn („gallige Stimmung"), Kummer, starker Schmerz. Man bezog die Entstehung des Ikterus in diesen Fällen gewöhnlich auf eine krampfartige Zusammenziehung der kleinen Gallengänge oder des Duodenum. Andere dachten auch an eine Paralyse dieser Teile; doch wird diese Auffassung widerlegt durch die Erscheinungen bei der Durchschneidung der Splanchnici und der Exzision des Ganglion coeliacum, da in diesen Fällen Ikterus bezw. eine Stauung der Galle in der Leber nicht auftritt (Frerichs und Reichert).

Afanasjev hat auch experimentell dargetan, daß bei der durch Durchschneidung der Lebernerven bewirkten Lähmung der Gallengänge nicht nur kein Ikterus auftritt, sondern im Gegenteil eine Zunahme der Gallenausscheidung stattfindet. Ebensowenig bewirkt die Durchschneidung des Rückenmarkes oberhalb oder unterhalb des Plexus cervicalis das Auftreten von Ikterus.

Eine krampfhafte Zusammenziehung der großen Gallengänge kann, wie es scheint, diesen Ikterus ebenfalls nicht hervorrufen. Denn es ist unwahrscheinlich, daß ein Spasmus der Gallengänge längere Zeit anhalten sollte. Andererseits erzeugt die Unterbrechung des Ductus choledochus bekanntlich nicht vor Ablauf von 2, öfters erst nach 3—4 Tagen Erscheinungen von Ikterus, wahrscheinlich weil die Galle sich zunächst in den kleineren Gängen anhäuft und erst später in die Blutbahn übertritt.

Mir scheint daher die Erklärung des nervösen Ikterus als Folge eines andauernden Spasmus der Lebergefäße (Afanasjev) den wirklichen Verhältnissen besser zu entsprechen.

Man denke sich, bemerkt Afanasjev, einen Menschen auf der Höhe der Verdauung, also mit lebhafter Gallenbildung und -ausscheidung. Angenommen, es tritt bei ihm infolge irgend welcher psychischer Momente eine plötzliche Zusammenziehung der Lebergefäße, vor allem natürlich der Arteria hepatica ein. Eine solche, wenn auch nicht einmal vollständige Zusammenziehung der Lebergefäße, behindert stets die Wegsamkeit der kleineren Gallengänge, und zwar nicht nur von innen nach außen, sondern auch in umgekehrter Richtung. In diesem Falle wird die gesamte ausgeschiedene Galle, so gering auch ihre Menge sein mag, sehr schnell in das Blut resorbiert werden und daselbst eine Pigmentanhäufung und sogar eine Ablagerung von Gallenpigment in der Haut bewirken. Wenn schon früher ein Katarrh der Gallenwege vorhanden war und die Schleimhäute bereits verändert sind, kann natürlich schneller der nervöse Ikterus eintreten, als bei vorher ganz Gesunden.

Man muß somit den nervösen Ikterus auf eine vasomotorische Neurose zurückführen, welche mindestens eine Dauer von mehreren

Stunden hat. Eine solche paralytische Neurose wird Hyperämie der Leber (mit Polycholie?) hervorrufen müssen, wie dies durch die Angaben von Eulenburg u. A. wahrscheinlich gemacht wird.[1])

Die Wirkung psychischer Momente auf die Gallensekretion würde darnach also im wesentlichen vasomotorischer Art sein.

Dieser Standpunkt erscheint mir gegenwärtig noch als der meist annehmbare. Denn die Frage nach der spezifisch-trophischen Nervenwirkung auf die sekretorische Tätigkeit der Leber steht bisher noch offen da.

b) Die Rindencentra der Gallensekretion.

Mit Rücksicht auf diesen Sachverhalt wird anzunehmen sein, daß auch die kortikalen Centra der Gallensekretion, falls es solche gibt, im Wege vasomotorischer Einflüsse tätig sein müssen.

Jedoch findet man bezüglich eines Einflusses der Gehirnrinde auf die Vorgänge der Gallensekretion in der Literatur keine Anhaltspunkte, abgesehen von einer kurzen Bemerkung Bochefontaine's, dahingehend, daß die Reizung der vierten Primärwindung am Ende des Sulcus cruciatus eine Verminderung der Gallensekretion zur Folge hat.

Bochefontaine betrachtet aber, wie schon früher bemerkt wurde, alle diese Rindenstellen nicht als bestimmte Centra, sondern hält an der reflektorischen Genese der von der Rinde aus erzielten Wirkungen auf die Gallensekretion usw. fest.

Zudem eruierte er in seinen Versuchen eine Hemmung der Gallensekretion, nicht aber eine erregende Wirkung von Seiten der Gehirnrinde.

Im Hinblicke auf diesen Zustand der Dinge veranlaßte ich in meinem Laboratorium eine systematische Bearbeitung der Frage nach dem Verhalten der Gehirnrinde zu der Gallensekretion an der Hand entsprechender Experimente.

Die hierbezüglichen Versuche (Dr. Virsaladse)[2]) wurden an Hunden angestellt. Man eröffnete den Bauchraum längs der Linea alba, unterband den Ductus cysticus und führte in den Ductus choledochus eine Kanüle ein, deren anderes Ende durch die Bauchwunde nach außen ragte.

Zwei Tage nach dieser Operation schritt man zur Reizung der Gehirnrinde durch eine im Schädel angelegte Trepanationsöffnung.

Wurde nun die Region des Gyrus sigmoideus mit schwachen Strömen (15—14 cm Rollenabstand Du Bois-Reymond) an drei Punkten, einem inneren, mittleren und äußeren zu beiden Seiten des Sulcus cruciatus gereizt, so erzielte man dadurch in der Mehrzahl der Fälle eine lebhafte Gallensekretion, welche fast sofort zum Stillstande kam, sobald die Elektroden entfernt wurden. Die konstanteste Wirkung ergab in dieser Beziehung, wie es scheint, das äußere Feld des Gyrus sigmoideus. Da diese Wirkung auf die Gallensekretion in einer ganzen Reihe von Versuchen beobachtet wurde, da man sie ferner in einem und demselben Versuche vielfach hervorrufen konnte und da zugleich alle übrigen Rindengebiete keine gallensekretorische Wirkung lieferten, so darf daraus geschlossen werden, daß wir es hier mit einer Rindenregion zu tun haben, welche in ganz spezifischer Weise auf die Gallensekretion einwirkt.

---

[1]) Afanasjev, a. a. O., S. 163.

[2]) Virsaladse, Obosrên, psihiatr. 1901, Nr. 12.

Dabei tritt die Wirkung der Reizung jedoch erst nach der längeren Latenzperiode ein, welche zuweilen 10 Minuten beträgt. Von beiden Hemisphären aus erzielt man annähernd gleiche Wirkungen auf die Gallensekretion.

Es verdient hier erwähnt zu werden, daß bei der Durchschneidung des Rückenmarkes in der Hals- oder Brustregion die Wirkung der Rindenreizung auf die Gallensekretion stets lebhafter ausfiel, als vor der Durchscheidung des Rückenmarkes, wenngleich die Durchschneidung als solche einen wesentlichen Einfluß auf die Gallensekretion nicht ausübte.

Man darf sich wohl fragen, ob es sich hier nicht um ein Rindenfeld handelt, welches auf den Muskelapparat der Gallengänge einwirkt und solchergestalt zu einer mechanischen Expression der Galle führt? oder ob hier eine Wirkung vorliegt, welche den sekretorischen Vorgang als solchen direkt anregt?

Um hierüber ein richtiges Urteil zu gewinnen, muß man den Umstand beachten, daß in den hier in Rede stehenden Versuchen ein positives und sehr prägnantes Resultat bezüglich der Gallensekretion bei wiederholter Reizung viele Mal nacheinander ohne merkliche Abschwächung beobachtet wurde. Andererseits hatten Veränderungen der Stromstärke keinen merklichen Einfluß auf den Reizeffekt.

Diese Verhältnisse weisen entschieden darauf hin, daß wir es in der vorhin bezeichneten Rindenregion mit einem Centrum zu tun haben, welches die Gallensekretion als solche beeinflußt und befördert, nicht aber um ein Centrum, welches dadurch die Ausscheidung der Galle anregt, daß es auf den Muskelapparat der Gallengänge einwirkt.

Andererseits ergab sich aus den Erscheinungen nach vollzogener Rückenmarkdurchschneidung in der unteren Halsregion mit nachträglicher Reizung des Leberfeldes der Gehirnrinde, daß die hierbei auftretende Wirkung nicht die Bahn der Splanchnici einschlägt, welche zufolge den Untersuchungen von Munk den Muskelapparat der Gallengänge innervieren sollen.

Von einem etwaigen Einfluß anderer mechanischer Bedingungen auf die Gallensekretion konnte in diesen Versuchen nicht die Rede sein.

Das Ergebnis aller dieser Darlegungen würde also dahin gehen, daß in der Rinde des Gyrus sigmoideus Nervencentra lokalisiert sind, welche ohne ein Hinzutun des Muskelapparates der Gallenwege auf die Gallensekretion eine Wirkung im Sinne einer Erregung derselben ausüben.

5. Die Wirkungen der Gehirnreizung auf die Sekretion des Darmsaftes.

a) Kortikale Centra der Darmdrüsen?

Ob im Gebiete der Hirnrinde auch bestimmte Centra vorkommen, welche zu der Ausscheidung des Darmsaftes in Beziehung stehen, dessen große Bedeutung für die Verdauung unlängst durch Untersuchungen von Dr. Šapovalnikov nachgewiesen wurde[1]), ist vorläufig eine ganz offene Frage.

---

[1]) Šapovalnikov, Physiologie des Darmsaftes. Dissert. St. Petersburg 1899.

In meinem Laboratorium sind zahlreiche Experimentaluntersuchungen durchgeführt worden, um an der Hand der Rindenreizung die etwaigen Wirkungen der Gehirnrinde auf die Tätigkeit der Darmdrüsen zu ermitteln (Dr. Mering). Aber alle diese Experimente haben bisher nicht zu einem entscheidenden Resultat geführt. Man kann im Hinblick auf die bei der Rindenreizung beobachteten Spuren einer Darmsekretion vermutungsweise nur sagen, daß in der angegebenen Beziehung in erster Linie der mittlere und innere Teil des vorderen Abschnittes des Gyrus sigmoideus bezw. des Gyrus praecruciatus in Betracht zu ziehen ist. Doch wird man sich, ehe ganz positive Befunde vorliegen, nach dieser Richtung hin aller weiteren Schlußfolgerungen zu enthalten haben.

b) Pathologische Beobachtungen.

Die klinische Literatur liefert vorläufig noch keinerlei Anhaltspunkte zu einer etwaigen Lokalisation von Centren für die Sekretionen des Magendarmtraktus im menschlichen Gehirn.

Erwähnung verdienen hier nur jene Befunde, welche das Auftreten hochgradiger Veränderungen der Magensaftausscheidung bei Geisteskranken betreffen, sowie der allgemein bekannte Ausfall des Eßbedürfnisses bei niedergedrückter Gemütsverfassung. Dyspepsien nervösen Ursprunges sind bekanntlich bei Hysterischen außerordentlich häufig anzutreffen. Auch an die Fälle von gesteigerter Azidität des Magensaftes bei Nervösen ist hier zu erinnern.

In neuerer Zeit ist das Verhalten der Magensaftsekretion bei Geisteskrankheiten in systematischer Weise beobachtet worden.[1])

Möglich ist es auch, daß die früher schon erwähnten klinischen Beobachtungen von Sollier und Delagenière über krankhafte Bulimie, sowie die analogen Mitteilungen von Perimov ebenfalls zu den hier behandelten Fragen in näherer Beziehung stehen. — Eine Untersuchung des Magensaftes hat aber in allen diesen Fällen nicht stattgefunden.

6. Die Wirkungen der Gehirnrinde auf die Schleimsekretion.

Die kortikale Innervation betrifft im Bereiche des Magendarmkanales erstens die sekretorische Tätigkeit der spezifischen Verdauungsdrüsen. Diese Beziehungen sind im Vorstehenden bereits behandelt worden. Zweitens haben wir im Bereiche des Magendarmkanales mit kortikalen Einflüssen auf die hier verbreiteten Schleimdrüsen zu tun, welchen vor allem die Bedeutung von Schutz- und Deckorganen für die Funktionen des Magendarmkanales und der übrigen mit Schleimzellen versehenen Oberflächen zukommt. Man muß annehmen, daß die Rindencentra für die Sekretion der Schleimdrüsen nicht mit den Rindencentra für die spezifischen Sekretionen des Nahrungsrohres identisch sind.

Wenigstens konnte bei Gelegenheit von Untersuchungen meines Laboratoriums über den Einfluß der Gehirnrinde auf die Magensaft-

[1]) Uščenko, Vrač 1902.

sekretion (Dr. Gerver) festgestellt werden, daß bei der Reizung bestimmter Centra der Gehirnrinde zunächst Schleimsekretion und erst dann Magensaftsekretion einsetzt.

Dieser Befund zeigt vor allem, daß die Schleimdrüsen des Magendarmkanales dem Einflusse der Gehirnrinde unterliegen und daß der Anreiz zur Schleimsekretion, wie auch zu der Sekretion der spezifischen Verdauungsdrüsen, von bestimmten Stellen der Gehirnrinde herrührt. In einigen Fällen sezernieren die Schleimdrüsen bei der Reizung bestimmter Stellen der Gehirnrinde, wie man dies bei den obigen Untersuchungen feststellen konnte, gleichzeitig mit den spezifischen Drüsen der betreffenden Region des Magendarmtraktus; die Sekretion der Schleimdrüsen erscheint hier gewißermaßen als notwendige physiologische Begleiterscheinung der spezifischen Sekretion. Ob dieses Zusammengehen beider Sekretionen aber allgemeine Regel ist, dafür liegen positive Anhaltspunkte nicht vor.

Auf jeden Fall aber unterliegt die Sekretion der Schleimdrüsen auch in Gebieten, wo es keine spezifischen Drüsen gibt und nur Schleimdrüsen allein vorkommen, dem Einfluß des Nervensystems und speziell der Gehirnrinde. Vorhin war bereits von nervösen Einflüssen auf die Schleimdrüse des Kehlkopfes die Rede. Neuere Untersuchungen von Rethi haben dargetan, daß die Sekretion der Drüsen des weichen Gaumens unter dem Einfluß des cranialen Teiles des N. facialis steht, und zwar gerechnet von dem Kern, welcher 6 mm oberhalb des Calamus scriptorius und 2 mm nach außen von der Mittellinie liegt, bis zum Ganglion geniculi. Von hier ziehen die schleimsekretorischen Fasern auf der Bahn des N. petrosus superficialis major zum Ganglion sphenopalatinum und gelangen durch den Sympathicus zu den Nn. pelatini. Die schleimsekretorischen Fasern des Sympathicus verlaufen von dem in der Höhe des fünften Brustwirbels befindlichen Centrum durch die Rami communicantes der Gegend des zweiten Brustwirbels nach außen, steigen im Halssympathicus aufwärts und dringen in Gesellschaft der die Pupille erweiternden Fasern in die Paukenhöhle hinein, wo sie über das Promontorium hinwegziehen, sich dann von den Pupillenfasern trennen und zum Ganglion spheno-palatinum gelangen.

Aus diesen Befunden geht hervor, daß die Unterdrückung der Schleimsekretion bei Affektionen des Facialis im Fallopi'schen Kanal, sowie bei Affektionen des Sympathicus eine Erklärung liefert für die Erscheinungen der Trockenheit im Munde und Halse, welche bei depressiven Affekten plötzlich auftreten. Hier handelt es sich also um einen Einfluß psychischer Momente bezw. um Wirkungen der Gehirnrinde auf die Schleimsekretion. Die Rindencentra für die Sekretion der Schleimdrüsen des weichen Gaumens und der Luftröhre sind bisher noch nicht aufgefunden.

7. Die Wirkungen der Gehirnrinde auf die Tränensekretion.

Allgemein bekannt sind die unmittelbaren Beziehungen der Tränensekretion zu den Affektzuständen.

Die Ausscheidung des Tränensekretes ist eines der ersten Mittel zum Ausdrucke bestimmter seelischer Erregungen, welche sich im

Weinen Luft machen. Außerdem sind alle angenehmen psychischen Affekte, wie Freude, Liebe usw. bekanntlich von einer merklichen, durch gesteigerte Tränensekretion bedingten Zunahme der Augenbefeuchtung begleitet. Dagegen verlaufen die depressiven Affekte anscheinend mit einer Hemmung der Tränensekretion. Tiefer Kummer kennt keine Tränen.

Alle diese Verhältnisse führen zu dem Schluß, daß in der Rinde des Vorderhirns besondere Centra für die Tränensekretion lokalisiert sein müssen. Ihre Wirkung auf die Tränendrüsen wird, wie man schon a priori voraussetzen kann, durch die subkortikalen Centra hindurchgehen.

Bis in die neueste Zeit hat das Verhalten der Tränensekretion zu den Centren der Gehirnrinde keinerlei Beachtung und Bearbeitung gefunden. Erst relativ spät (1891) brachte unsere hierbezügliche Arbeit eine gebührende Behandlung dieses bemerkenswerten Gegenstandes.[1])

Wir stellten diese Versuche damals an mäßig kuraresierten Hunden an. Die Kurarebehandlung war unumgänglich, da sonst die bei der Rindenreizung auftretenden Krämpfe die Reinheit der Beobachtungen stören würden. Die Kuraresierung selbst aber wird, wie sich gleichzeitig herausstellte, oft gar nicht und weitaus nicht immer von einer derartigen Steigerung der Tränensekretion begleitet, welche die Beobachtungen beeinträchtigen könnte.

Die Kontrolle der Tränensekretion geschah in unseren Versuchen mittels direkter Beobachtung bei leicht herabgezogenem unterem Augenlid. Als unzweifelhaft vorhanden sahen wir die Wirkung nur dann an, wenn nach der Reizung eine reichliche Tränensekretion erfolgte.

Auf Grund von Versuchen an Kaninchen bestätigte neuerdings Parsons unsere Beobachtungen über den Einfluß der Gehirnrinde auf den Halssympathicus, konnte aber zugleich sich von dem Einfluß der Gehirnrinde auf die Tränensekretion nicht überzeugen, wie wir ihn am Hunde konstatierten.[2])

Nun muß man bedenken, daß Beobachtungen über den Einfluß der Gehirnrinde auf die Tränensekretion weitaus nicht so einfache Dinge sind, wie mancher wohl meinen möchte. Vor allem bedarf es zur Erzielung bestimmter Resultate einer ganzen Reihe von Versuchen, da die von der Rinde aus erzielten Wirkungen in verschiedenen Fällen nicht immer gleich lebhaft sind. Die Erscheinungen sind bald mehr, bald weniger ausgesprochen, sie können in einzelnen Fällen auch ganz ausbleiben, wie wir dies auch in unserer obigen Mitteilung bemerkt haben. Vielleicht ist auch die Tierart, deren man sich zu derartigen Versuchen bedient, hier von Bedeutung. Unter allen Umständen war das Ergebnis unserer damaligen Versuche in verschiedenen Fällen so instruktiv und basiert auf einer so großen Untersuchungsreihe, daß an der Existenz eines Einflusses der Gehirnrinde auf die Tränensekretion für uns kein Zweifel bestehen kann, zumal die Wirkung des Halssympathicus auf die Tränensekretion nach den Ermittelungen von Demčenko[3]), Wolfers[4]) und uns als sicher nachgewiesen anzusehen ist.

---

[1]) W. Bechterew u. N. Mislavski, Über die Innervation und die Gehirncentra der Tränensekretion. Medic. obośrên. 1891, Nr. 12. Neurolog. Centralblatt 1892.

[2]) Parsons, Collected papers of physiol. laboratory (Univ. College, London) 1903.

[3]) Demčenko, Pflügers Archiv 1882, Bd. 6.

[4]) Wolfers, Experim. Untersuchungen über die Innervationswege der Tränendrüse. Dorpat 1871.

Die Reizung der Gehirnrinde erfolgte in unseren Versuchen mittels eines auf der Zungenoberfläche deutlichen empfindlichen Stromes vom Du Bois Reymond'schen Schlittenapparat mit Grenet'schem Element.

Das Resultat dieser unserer Experimente war kurz folgendes.

Die Reizung der Gehirnrinde im medialen Abschnitt des vorderen und hinteren Teiles des Gyrus sigmoideus bezw. des Gyrus prae- und postcruciatus zieht das Auftreten einer deutlichen Tränensekretion nach sich. Etwas schwächer und weniger konstant wirkt in dieser Beziehung die Reizung der mehr nach außen gelegenen Teile des Gyrus sigmoideus. Von anderen Stellen der Gehirnrinde aber konnten wir in unseren Versuchen eine vollkommen deutliche Tränensekretion nicht erzielen.

Demnach stellt sich die Tränensekretion als eine streng lokalisierte Funktion der Gehirnrinde dar und die Wirkung des Tränencentrums kann schon aus diesem Grunde nicht durch Stromschleifen auf subkortikale Centra erklärt werden.

Für gewöhnlich schließt sich der tränensekretorische Effekt sehr bald an die Reizung der vorhin bezeichneten aktiven Rindenpartien an, und zwar in einem Grade, daß die Tränen aus der Orbita direkt nach außen abfließen.

In allen Fällen erfolgt bei der Rindenreizung die Tränenausscheidung an beiden Augen, doch war sie in unseren Versuchen fast immer auf der dem Reize entgegengesetzten Seite lebhafter ausgesprochen, als an dem Auge der Reizseite.

Nach erfolgter Abnahme der Elektroden hört die gesteigerte Tränensekretion gewöhnlich sehr bald gänzlich auf und setzt nicht eher ein, als bis eine neue Reizung der Rinde erfolgt.

In unseren Versuchen war die Tränensekretion bei der Reizung des kortikalen Tränenfeldes, sowie der von uns aufgefundenen tränensekretorischen Centra im Thalamus begleitet von einer hochgradigen Erweiterung beider Pupillen, Exophthalmus und Einwärtsrücken des dritten Augenlides, und zwar tritt diese Wirkung an dem kontralateralen Auge ein wenig früher und wie es scheint auch in ausgesprochener Weise auf, als an dem der Reizseite entsprechenden Auge.

Um nun zu ermitteln, inwiefern der tränensekretorische Effekt der Rindenreizung in Beziehung steht zu der Pupillenerweiterung, dem Exophthalmus und dem Einwärtsrücken des dritten Augenlides, also zu jenen Erscheinungen, welche unzweifelhaft auf eine Reizung der centralen Fasern des Sympathicus hinweisen, durchschnitten wir den operierten Versuchstieren zunächst den Halssympathicus und reizten darauf die gleichen Partien der Gehirnrinde. Auch in diesem Falle stellte sich die Tränensekretion an beiden Augen ein, dagegen bemerkte man Pupillenerweiterung, Exophthalmus und Einwärtsrücken des dritten Augenlides in diesem Fall nur auf der Seite des durchschnittenen Sympathicus. Die Wirkung bleibt sich dabei im wesentlichen gleich, ob man den Halssympathicus auf der Seite der Reizung oder auf der entgegengesetzten Seite durchschnitt, denn in beiden Fällen bestand eine gesteigerte Tränensekretion sowohl auf der Seite des durchschnittenen Sympathicus, als auch auf der Seite des verschonten Sympathicus.

In einer weiteren Versuchsreihe durchschnitten wir den N. trigeminus intracraniell vor dem Ganglion Gasseri, ließen aber beide Nn.

sympathici unversehrt. Auch in diesem Falle bewirkte die Reizung des Lacrymalfeldes der Gehirnrinde eine Tränensekretion an beiden Augen, doch war sie hier auf der Seite der Trigeminusdurchschneidung erheblich schwächer ausgeprägt.

Aus diesen Versuchen ist demnach mit Sicherheit zu erkennen, daß die tränensekretorische Wirkung der Rindenreizung, wie auch die analoge Wirkung der Reizung des Thalamus, sowohl durch Vermittelung von Fasern des Trigeminus (Facialis beim Menschen), als auch unter Mitwirkung von Fasern des Halssympathicus zu Stande kommt.

Da der Sympathicus, wie anzunehmen ist, bezüglich der Tränendrüse vorzugsweise als trophischer Nerv funktioniert, während der Trigeminus als vasomotorischer Nerv dieser Drüse auftritt, so ist aus dem Umstand, daß die Durchschneidung des Trigeminus die Wirkung der Rindenreizung zwar abschwächt, aber nicht definitiv aufhebt, zu schließen, daß die kortikalen Tränensekretionscentra auf den Gefäßapparat der Tränendrüse und gleichzeitig auch auf die sekretorischen Zellen dieser Drüse Einfluß üben.

8. Die Wirkungen der Gehirnrinde auf die Schweißsekretion.

Bei der Darstellung der Frage nach den Wirkungen der Gehirnrinde auf die Schweißsekretion, zu welcher ich nunmehr übergehe, wird man davon auszugehen haben, daß eine ganze Reihe von Beobachtungen des täglichen Lebens dazu drängt, in der Rinde des Vorderhirns die Existenz besonderer Centra für die Schweißsekretion anzunehmen.

a) Psychische Einflüsse auf die Schweißsekretion.

Es ist eine allgemein bekannte Tatsache, daß stärkere psychische Erregung in gewissen Fällen konstant von reichlicher Schweißausscheidung begleitet wird. In einzelnen pathologischen Zuständen ruft schon der bloße Gedanke oder die Erinnerung an bestimmte Ereignisse eine gesteigerte Schweißsekretion hervor. Bei einer Hysterica konnte Pandi sogar einen Einfluß der Suggestion auf die Schweißsekretion nachweisen. Unlängst beschrieb ich einen eigentümlichen nervösen Zustand, welcher sich in zwangsweise auftretendem Händeschwitzen äußert.[1])

Ferner ist bekannt, daß die Schweißausscheidung begleitet wird von der Entstehung elektrischer Ströme und überhaupt von bestimmten Veränderungen der elektrischen Erscheinungen in der Haut. Tarhanov konnte nachweisen, daß jede Reizung der Sinnesorgane, sowie die willkürlichen Bewegungen und schon die geringste psychische Tätigkeit verbunden sind mit mehr oder weniger auffallenden Veränderungen der elektrischen Hautströme und daß dies in erster Linie mit der Sekretionstätigkeit der Schleimdrüsen zusammenhängt.[2])

Daß psychische Faktoren die Schweißsekretion anregen können, ohne entsprechende Veränderungen der Gefäße hervorzurufen, kann u. a. dadurch bewiesen werden, daß lebhafte depressive Affekte, wie z. B. Angst, nicht selten zum Auftreten von kaltem Schweiß führen.

---

[1]) W. Bechterew, Centralbl. f. Nervenheilk. 1905.
[2]) J. P. Tarhanov, Vêstn. psihiatr. 1889, H. 1.

Trotz allen diesen Erfahrungen stellen einige Autoren, wie z. B. FRANCK, die Existenz kortikaler Schweißcentra vollständig in Abrede. Strikt nachgewiesen war die Existenz solcher Centra übrigens bisher nicht. Wenn man von einer hierbezüglichen Beobachtung VULPIAN's absieht, welcher bei der Reizung der Gehirnrinde der Katze eine geringe Schweißausscheidung auftreten sah, haben alle Versuche, mittels Reizung der Gehirnrinde eine gesteigerte Schweißsekretion hervorzurufen (ADAMKIEWICZ, STRAUS, BLOCH), zu negativen Resultaten geführt.

b) Die Rindencentra der Schweißsekretion.

Bei dem gänzlichen Mangel positiver Befunde über den Einfluß der Gehirnrinde auf die Schweißsekretion lag es nahe, nach dieser Richtung systematische Experimentaluntersuchungen durchzuführen. Solche liegen gegenwärtig aus meinem Laboratorium vor.[1])

Die betreffenden Versuche wurden an jungen Katzen und Füllen ausgeführt. Bei jenen tritt die Schweißausscheidung deutlich an den Pfoten hervor, bei diesen an der ganzen Hautoberfläche, wie beim Menschen. Die Einleitung einer Narkose wurde, da sie die Tätigkeit der sekretorischen Nerven hemmt, in diesen Versuchen unterlassen; statt dessen vollzog man die Trepanation unter lokaler Cocainanwendung. Ein Teil der Versuche wurde mit, ein anderer ohne Kurare ausgeführt. — Vor der Reizung der Gehirnrinde reinigte man sorgfältig die Pfoten der operierten Katze durch Waschen und nachträgliches Trocknen. — Die Reizung der verschiedenen Rindenfelder geschah mittels der Platinelektroden einer normalen DU BOIS-REYMOND'schen Rolle. — Das Auftreten von Schweiß wurde durch direkte Beobachtung notiert, in anderen Fällen wurden Schweißabdrücke auf Lakmuspapier hergestellt.



Fig. 370.
Gehirn der Katze. — Die Rindenstelle *a* liefert konstant Schweißausscheidung; der Punkt *b* wirkt ebenfalls speichelsekretorisch, aber weniger konstant.

Es gelang nun im Endresultat dieser Versuche, an der inneren Hälfte des vorderen Abschnittes des Gyrus sigmoideus bezw. des Gyrus antecruciatus eine Stelle zu ermitteln, deren Reizung zu einer gesteigerten Schweißausscheidung vorwiegend auf der dem Reize entgegengesetzten Seite führte (Fig. 370*a*), in manchen Fällen ergab auch die Reizung des Punktes bei der Gehirnrinde Schweißsekretion.

Die Schweißsekretion dauerte zuweilen noch mehrere Minuten nach der Entfernung der Elektroden fort.

Zuweilen floß der Schweiß buchstäblich in Strömen herab. Doch ist zu bemerken, daß die schweißsekretorische Wirkung der Gehirnrinde eine ziemlich beträchtliche Inkonstanz aufweist. Dafür waren in diesen Versuchen mehrere Ursachen namhaft zu machen. Vor allem fingen viele der Katzen, welche zu den Versuchen dienten, schon von vornherein infolge der Aufregung, welche die Prozedur des Fesselns der Tiere bedingte, zu schwitzen an, und es trat zu Beginn des eigentlichen

---

[1]) A. S. GRIBOĔDOV, Über die Rindencentra der Schweißsekretion. Obošrên. psihiatr. 1902, Nr. 7.

Versuches ein Erschöpfungszustand ein, der kein gutes Resultat erhoffen ließ. In anderen Fällen bestand nur zu Beginn der Versuche, also bei der ersten Rindenreizung eine Schweißausscheidung an der Pfotenhaut; dann erschien die Tätigkeit der Schweißdrüsen vorübergehend wie erschöpft, und es gelang nicht mehr, eine weitere Schweißausscheidung zu erzwingen. Einige Katzen endlich konnten überhaupt unter gar keinen Umständen zum Schwitzen gebracht werden.

Weitaus konstanter waren die Befunde bezüglich der Schweißsekretion an den Füllen. Bei der Reizung der annähernd gleichen ca. 1 cm großen Stelle der Gehirnrinde beobachtete man hier in 8 Fällen unter 11 reichliches Schwitzen nicht nur der Beine, wie bei den Katzen, sondern der gesamten kontralateralen Körperhälfte. Besonders lebhaft war die Schweißausscheidung am Halse, an der Brust und an den Extremitäten.

Die Unterminierung des kortikalen Schweißfeldes hob, wie sich bei diesen Versuchen nachweisen ließ, den Effekt der Reizung dieser Rindenregion definitiv auf.

Trug man das kortikale Schweißfeld ab, so erfolgte beim Erwärmen dies Tieres oder wenn man es sich lebhaft bewegen ließ, auf der entgegengesetzten Seite eine schwächere Schweißausscheidung, als auf der operierten Seite.

Diese Differenz wurde durch die subkutane Injektion von Pilocarpin ausgeglichen. Die konsekutive Rindenreizung ergab in diesem Fall nunmehr keinen deutlichen Erfolg für die kontralaterale Körperhälfte.

Zu erwähnen ist schließlich, daß auch im Falle voraufgehender Durchschneidung der Gefäße einer Extremität die Schweißsekretion hierselbst mit voller Deutlichkeit fortbestand.

Aus allen diesen Befunden ist mit Sicherheit die Anwesenheit spezieller Schweißcentra in der Vorderhirnrinde zu schließen.

c) Pathologische Zustände.

Es liegen auch klinische Erfahrungen vor, welche für die Existenz kortikaler Schweißcentra bei dem Menschen sprechen.

So z. B. beobachtete Morselli einen Fall von Hyperhidrose der rechten Gesichtshälfte infolge eines Glioms im vorderen Teil der linken Hemisphäre bei gleichzeitiger Affektion des Halssympathicus.

Michle sah einseitiges Gesichtschwitzen bei progressiver Paralyse. Gleiches beobachtete er auch bei einem Kranken mit linksseitigen Krämpfen, erhöhter Temperatur dieser Seite und Verengerung der linken Pupille.

Meschede fand halbseitiges Schwitzen, vorzugsweise am Gesicht, in einem Fall, wo bei der Sektion eine konzentrische Hyperostose des Schädels und Atrophie eines Teiles der Centralwindungen nachgewiesen wurde.

Beachtung verdient hier ferner ein Fall, welchen Pandi mitteilte.

Bei einem Patienten traten nach einem Kopftrauma Krämpfe des linken Armes und Paralyse des linken Facialis ohne vasomotorische Störungen auf. Es bestand dabei zugleich lebhaftes Schwitzen der linken Gesichtshälfte. Nach der Ansicht von Pandi handelte es sich in diesem

Fall um eine Affektion des linken Armcentrums und des rechten Facialiscentrums.

Senator beobachtete in einem Fall, wo nach einem apoplektischen Insult kortikale Ataxie und vorübergehende Krämpfe des linken Armes bestanden, eine auffallend lebhafte, auf den linken Arm beschränkte Schweißausscheidung. Die Obduktion ergab einen Erweichungsherd in dem entsprechenden Teil der Gehirnrinde.

Einen analogen Fall, aber ohne Sektionsbefund, teilte Adamkiewicz mit.

Eine meiner eigenen hierhergehörigen Beobachtungen, welche mir recht instruktiv und überzeugend erscheint, soll hier noch ihren Platz finden.

Junger Soldat, von gutem Ernährungszustand, mittleren Wuchses, hereditär nicht prädisponiert, bekam bei Laojan am 17. August 1904 eine perforierende Schußverletzung des behaarten Teiles der linken Kopfhälfte. Patient war darauf 3 Tage ohne Bewußtsein. Zugleich bestanden: Paralyse der beiden rechten Extremitäten, Sprachstörungen, Kopfschmerzen, Schwindelgefühl. Die Temperatur betrug 40° C. Während des Fiebers rief schon das geringste Geräusch Zuckungen des rechten Armes und Beines hervor. Im Januar 1905 war die Sprachstörung verschwunden und die Parese hatte erheblich nachgelassen. Schon am 26. August hatte Patient ein auffallendes Schwitzen seiner rechten Körperhälfte bemerkt.

Bei der Aufnahme des Patienten in der Klinik konnte eruiert werden, daß die Eintrittsöffnung der Kugel sich an der linken Hälfte des Stirnbeines $1^1/_2$ cm vom frontalen Rande der behaarten Kopfhaut direkt an der Mittellinie befand. Die Austrittsöffnung der Kugel fühlte man am Scheitelbein vor der Lambdanaht, $1^1/_2 - 2$ Finger breit von letzterer und 2 Finger breit von der Mittellinie entfernt. Beim Befühlen der Ein- und Austrittsöffnung ist ein Knochendefekt mit deutlicher Pulsation daselbst zu konstatieren. Unter solchen Verhältnissen mußte die Kugel unweigerlich die motorische Zone verletzen.

Im Herbst 1905 bemerkte man bei der klinischen Untersuchung eine gewisse Rigidität beider rechten Extremitäten, sowie eine deutliche Parese des rechten Armes und Beines, weshalb der Patient mit dem rechten Bein ein wenig hinkte und es etwas nachschleppte. Der rechte Arm war aktionsfähig, aber erheblich weniger als der linke. Die Sensibilität der beiden Extremitäten war erhalten. Sehnenreflexe erhöht. Am Bein bestand Fußklonus ohne Babinsky'schen Reflex; der Beugereflex der Zehen deutlich vorhanden. Die Hautreflexe rechts deutlich herabgesetzt, der Fußsohlenreflex rechts sogar ganz aufgehoben, links vorhanden. Es fällt ferner auf, daß beide rechten Extremitäten, besonders das rechte Bein, sich kälter anfühlen, als links; sie sind auch leicht zyanotisch. Dabei sind sie fortwährend stark von Schweiß befeuchtet, was an den linken Extremitäten nicht der Fall ist.

Bei der klinischen Behandlung ging die Parese der rechten Extremitäten nahezu gänzlich zurück. Das lebhafte Schwitzen der rechten Extremitäten blieb aber fast ohne wesentliche Veränderungen fortbestehen.

Bekannt ist ferner, daß gesteigerte Schweißausscheidung, sowie Salivation während des epileptischen Anfalles beobachtet wird. Beides

ist hier augenscheinlich kortikalen Ursprungs (Emminghaus). Auf Grund mehrerer Fälle von Epilepsie mit gesteigerter Schweiß- und Speichelausscheidung lokalisiert Koranyi das Schweißcentrum in der Nähe des Sprachcentrums.

So wichtig nun auch alle die Beobachtungen für den Nachweis des Einflusses der Gehirnrinde auf die Schweißsekretion sind, so bleibt nichtsdestoweniger die genaue Lokalisation der kortikalen Schweißcentra des Menschen zukünftigen Untersuchungen vorbehalten.

Sicher ist vorläufig nur das eine, daß die kortikalen Schweißcentra des Menschen sich im Bereiche der motorischen Zone der Gehirnrinde befinden.

Zuweilen beobachtet man halbseitiges Schwitzen auch bei Psychosen. —

Als wirksam erweisen sich psychische Momente auch gegenüber den Riechdrüsen (s. Bd. 1, S. 488ff.). In gewissen erotischen Zuständen, namentlich bei geisteskranken Frauen, ist mehrfach das Auftreten eines übelriechenden Schweißes beobachtet worden.

Man kann daraufhin annehmen, daß auch für die Tätigkeit der Riechdrüsen eigene Centra in der Gehirnrinde vorhanden sein möchten.

9. Die Wirkungen der Gehirnrinde auf die Harnsekretion.

In bestimmten Wechselbeziehungen zu der Schweißsekretion steht bekanntlich auch die Funktion der Harnsekretion. Es liegt daher nahe, auch für diese Funktion nach kortikalen Centren zu suchen und ihre Beziehungen zu der psychischen Sphäre zu verfolgen.

a) Psychische Einflüsse auf die Harnsekretion.

Daß die Harnsekretion bis zu einem gewissen Grade von psychischen Momenten abhängig ist, geht schon aus der Tatsache hervor, daß Geistesstörungen, welche mit der Ausbildung depressiver Affekte verbunden sind, wie z. B. die Melancholie, gewöhnlich von einer hochgradigen Herabsetzung der Harnsekretion begleitet werden. In einigen dieser Fälle hält sich die ausgeschiedene Harnmenge manchmal monatelang unter der halben Normalharnmenge; an einzelnen Tagen werden unter diesen Verhältnissen, wie die Beobachtungen von Rabow[1]), mir[2]) und Anderen bezeugen, kaum mehr als 300 g Harn entleert und dies bei einem Zustande herabgesetzter Hautperspiration. Nach den Angaben von Rabow fällt dies tägliche Harnquantum gelegentlich sogar bis auf 100 g.

Bekannt sind ferner auffallende Beispiele hysterischer Anurie.

Dagegen sind andere Psychosen, namentlich die maniakalischen, zuweilen von Polyurie begleitet.[3])

Es fehlten aber bisher genauere physiologische Ermittelungen über

---

[1]) Rabow, Beitrag zur Kenntnis der Beschaffenheit des Harns bei Geisteskranken. Arch. f. Psych. 1877, Bd. 17.

[2]) W. Bechterew, Versuch einer klinischen Darstellung der Körpertemperatur bei Geisteskranken. Dissert. 1881.

[3]) J. P. Merżejewski, Klinische Untersuchungen. Dissert. 1865.

den Einfluß psychischer Faktoren, sowie über den Einfluß der Rindenreizung auf die Harnsekretion. Erst in ganz neuer Zeit ist auf meine Veranlassung hin dieses dunkle Gebiet angegriffen worden, und zwar durch systematische Untersuchungen, welche Dr. Karpinski in meinem Laboratorium speziell über den Einfluß der Gehirnrinde des Hundes auf die Harnsekretion anstellte.[1])

Die Anordnung dieser Versuche war kurz folgende:

Nach vollzogener Laparotomie führte man in beide Ureteren des operierten Hundes gekrümmte Neusilberkanülen ein, welche mit Handligaturen umwunden waren. Ihre Enden ragten nach außen, die Kanüle selbst wurde in die Bauchwunde eingenäht. Die Wunde bedeckte man mit einem Jodoformverband, welcher außen in der Umgebung der Kanüle mit Kollodium bestrichen wurde. Das Versuchstier wurde dann freigelassen, erhielt aber im Interesse der Kanülen einen Maulkorb.



Fig. 371.

Hund. Kortikale Nierensekretion. Durch rote Punkte sind die an der rechten Hemisphäre gereizten Rindenstellen, durch griechische Buchstaben die an der linken Hemisphäre gereizten Rindenstellen bezeichnet.



Fig. 372.

Hund. Die Reizung der rot punktierten Rindenstellen bewirkt Sekretion der kontralateralen Niere.

Die Versuchstiere wurden vor und nach der Operation gewogen; man bestimmte die Körpermaße, den Puls und die Harnmenge. Nur solche Tiere, deren Bauchwunde per primam heilte, die nach der Operation eine normale Temperatur aufwiesen und bei denen Erscheinungen von aufsteigender Pyelitis fehlten, wurden zu den weiteren Untersuchungen benutzt.

Nach den notwendigen präliminaren Vorbereitungen wurde das Versuchstier dann mit oder ohne Chloroform trepaniert. Dieser Eingriff hemmte in der Regel vorübergehend die Tätigkeit der Nieren. Doch fand man 5 Minuten später eine gesteigerte Harnsekretion aus der kontralateralen Niere, während die verminderte Tätigkeit der gleichseitigen Niere meist während der ganzen Versuchsdauer anhielt. Wenn sich eine relativ normale Nierentätigkeit eingestellt hatte, schritt man zu dem eigentlichen Versuch. Dieser bestand in verschiedenen psychischen Einflüssen oder in der Reizung verschiedener Stellen der Gehirnrinde (Fig. 371, 372) mit schwachen faradischen Strömen (11—14 cm

[1]) Karpinski, Über die Rindencentra der Harnsekretion. Obosrên. psihiatr. 1901. Nr. 12. Vhdl. der wissensch. Versamml. der Psychiatr. u. Nervenkl. zu St. Petersburg, 30. September 1904.

Rollenabstand). Die nierenaktiven Stellen wurden gleich während des Versuches notiert. — Nach Beendigung des Versuches wurden die Tiere getötet oder zu weiterer Beobachtung reserviert. Die während und nach dem Versuch ausgeschiedene Urinflüssigkeit unterlag der chemischen Untersuchung.

Aus diesen Versuchen war zu schließen, daß psychische Momente die Harnsekretion in auffallender Weise beeinflussen. Wenn das Versuchstier, dessen Harnleiter nach außen ragen, Durst hat, so tritt sofort, nachdem man eine Schale mit Wasser dem Tiere in die Nähe der Schnauze gebracht, eine gesteigerte Harnsekretion ein. Doch vollzieht sich die Tätigkeit beider Nieren dabei nicht ganz gleichmäßig, vielmehr funktioniert gewöhnlich die eine von beiden lebhafter.

Auch wenn das Tier erregt ist, nimmt die Harnsekretion meist merklich zu. Umgekehrt wirkt die Angst hemmend auf die Harnsekretion, doch steigt darauf die ausgeschiedene Harnmenge zumeist und zwar wiederum auf der einen Seite mehr, als auf der anderen. Schmerzhafte Insulte rufen bei den Versuchstieren eine hemmende Wirkung auf die Nierentätigkeit hervor.

b) Die Rindencentra der Harnsekretion.

Ich lasse hier zunächst aus dem vorliegenden Befundmaterial die Schilderung zweier Versuche folgen, welche in der oben angeführten Weise zur Ermittelung der psychischen und kortikalen Innervation der Nierentätigkeit angestellt wurden, indem ich bezüglich des Ergebnisses der übrigen hierhergehörigen Versuche auf umstehende Tabelle verweise.

Versuch 2. Hund, 43 Pfund schwer. Um den Hund an das Experimentalmilieu zu gewöhnen, wird er 6 Tage vor dem Versuch aus dem Hundestall in das Laboratorium übergeführt und hier im Käfig gehalten. Man bindet ihn täglich behufs Gewöhnung an den Operationstisch, bindet ihn dann nach einiger Zeit los. An einem der letzten Tage wird der auf dem Operationstisch befestigte Hund geschoren, das zukünftige Operationsfeld rasiert, desinfiziert, gewaschen usw.

Am 14. Juli werden in leichter Chloroformmorphiumnarkose nach vollzogener Laparotomie die Kanülen in die Ureteren eingeführt.

Tags darauf machte man um 12 Uhr 25 Minuten die linksseitige Trepanation unter Entblößung der ganzen linken Gehirnhemisphäre. — Um 11 Uhr 40 Minuten Beginn der Beobachtung.

Auf nachfolgender Abbildung (Fig. 373) bringt die obere Kurve die Tätigkeit der linken Niere, die untere die Arbeit der rechten Niere zum Ausdruck. Bei der Betrachtung dieser Kurven fällt es auf, daß beide Nieren vor der Chloroformnarkose bezw. vor der Trepanation annähernd gleich stark arbeiten (in der Mehrzahl der übrigen Versuche überwog stets eine von beiden Nieren). Mit dem Beginn der Chloroformnarkose aber wird sofort eine hochgradige Hemmung der Tätigkeit beider Nieren bemerkbar.

Während der Ausführung der linksseitigen Trepanation besteht dauernd eine Unterfunktion beider Nieren; merklich mehr gehemmt ist dabei jedoch die linke Niere, deren Tätigkeit während der postoperativen Erholung des Tieres fast auf Null sinkt, während die Tätigkeit der rechten Niere in dieser Zeit ein wenig lebhafter wird.

Laufde. Nr. der Versuche	Ort der Rindenreizung	Reiz-seite	Welche Niere lebhafter sezerniert	Allgemeine Charakteristik der Reizwirkung	Es vergehen bis zur Wirkung Minuten	Dauer der Wirkung Minuten	Allgemeines Verhalten der Niere nach Aufhören der Reizung	Tätigkeitszustand der anderen Niere
1.	1) Oberer Teil des Gyrus praecentralis	rechts	linke	stark steigend	9	ca. 7	konsekutive Hemmung	hochgradige Hemmung
	2) Mittlerer Teil des Gyrus sylviacus			kurz, lebhaft	3	„ 1	konsekutive hochgradige Hemmung	Schwache Steigerung
	3) Hinterer Teil des Gyrus suprasylvius anterior			schwach steigend mit Schwankungen	2	„ 6	konsekutive Hemmung	Hemmung
2.	1) Präcentralwindung, oben	links	rechte	sehr stark steigend	2	9	konsekutive geringe Hemmung	hochgradige Hemmung
	2) nochmalige Reizung, daselbst			schwächer	6	10	etwas gesteigert	„
	3) Präcentralwindung, Mitte			gering	1	15	geringe Hemmung	„
3.	1) Präcentralwindung, oben	rechts	linke	sehr lebhaft	8	dauernd erhöht		erhöht
	2) Präcentralwindung, Mitte			schwach	7	6, mit Schwankungen		erhöht
5.	Präcentralwindung, Mitte	rechts	linke	nicht hochgradig, aber anhaltend	3	während 20 Minuten fortwährend erhöht		schwach gesteigert
7.	Gyrus sylviacus, Mitte	rechts	linke	hochgradig	7	5	nicht merklich erhöht	hochgradig gehemmt

8.	1) Präcentralwindung Mitte	links	rechte	geringe Steigerung	6	ca. 12	geringe Steigerung	äußerste Hemmung
	2) Gyrus sylviacus unten			geringe Steigerung	7	„ 10	nicht merklich erhöht	„
9.	1) Präcentralwindung, Mitte	links	rechte	stark gesteigert	5	34 Minuten lang dauernd erhöht		hochgradige Hemmung
	2) Präcentralwindung, oben			wenig gesteigert	5	4	ein wenig erhöht	Hemmung
	3) G. sylviacus, unten			„ „	3	14	erhöht	„
	4) Präcentralwindung, unten			„ „	2	4	erhöht	„
10.	Präcentralbildung, oben	rechts	linke	äußerst anhaltende u. langsam ansteigende Wirkung	9	13	ein wenig erhöht	ein wenig erhöht
11.	Präcentralwindung, oben	rechts	linke	anhaltend u. langsam, schwach	16	9	—	starke Hemmung
12.	1) Präcentralwindung, oben	rechts	linke	langsam, anhaltend	10	12	Hemmung während 8 Minuten	hochgradig gehemmt
	2) Ebenda			schnell, hochgradig	2	7	wie vor der Reizung	„
	3) Gyrus sylviacus, unten			schnell, anhaltend	1	ca. 12	erhöht	sehr hochgradig gehemmt
13.	Präcentralwindung, zwischen oberem und mittlerem Abschnitt	rechts	linke	hochgradig gesteigert	6	10 u. 9	wie vor der Reizung	Hemmung nicht zu bemerken
14.	1) Präcentralwindung, zwischen oberem u. mittlerem Teil	rechts	linke	hochgradig steigernd	12	5	erhöht	anfangs ein wenig erhöht mit nachträglicher Hemmung
	2) Ebendaselbst			schwächer, aber anhaltend	4	3	beträchtlich erhöht 35 Minuten lang	geringe Hemmung

Bei der Reizung des ersten Punktes α (Fig. 371) kommt es im ersten Augenblick anscheinend zu einer gewissen Hemmung, welche jedoch alsbald verschwindet. Die rechte, der Reizseite entgegengesetzte Niere funktioniert dann fast ebenso wie vor der Reizung.

Die Reizung des Punktes β (Fig. 371) bewirkt ein Ansteigen der Harnsekretion; die maximale Sekretion (12 Tropfen in der Minute) wird 6 Minuten nach dem Beginn der Reizung erreicht. Diese Wirkung ist auffallend, aber nicht anhaltend.

Die wiederholte Reizung des Punktes β ergibt eine schwächere Wirkung, ihr Maximum (12 Tropfen in der Minute) wird erst 12 Minuten nach dem Beginn der Reizung erreicht. Die Wirkung ist schwächer, aber anhaltender als bei der ersten Reizung.

Die Reizung des Punktes ε lieferte ebenfalls ein geringes Ansteigen der Harnsekretion; ihr Maximum (5 Tropfen in der Minute) entfiel auf die 14. Minute nach dem Anfang der Reizung. Die Wirkung war schwach und nicht von langer Dauer.

Die übrigen untersuchten Punkte ergaben bei der Reizung keinen Effekt.

Während des Versuches, welcher 5 Stunden 40 Minuten dauerte, arbeitete bei Reizung der linken Hemisphäre die rechte Niere stärker, die linke dagegen funktionierte seit der Trepanation während der ganzen Versuchsdauer fast gar nicht, indem sie nur wenige Tropfen in dieser Zeit ausschied. Das Resultat der Gesamtleistung beider Nieren während dieses Versuches war: rechte Niere sezernierte 748 Tr., linke „ „ 119 „ .

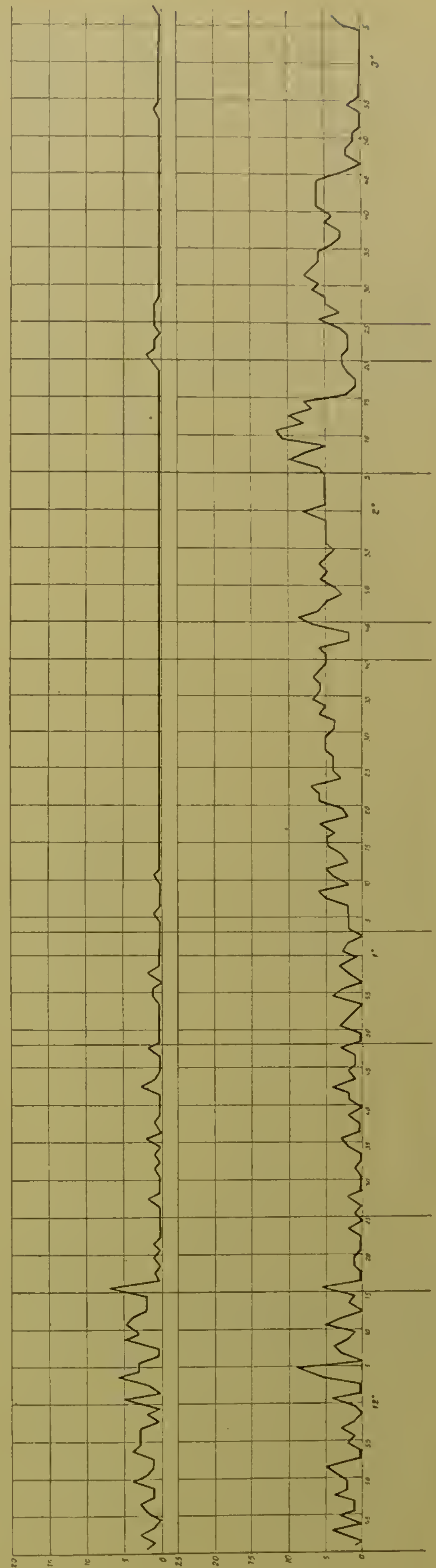


Fig. 373. Graphische Darstellung der Nierensekretion bei Rindenreizung. Erklärung im Text.

Versuch 3. Dasselbe Versuchstier wie vorher, wird tags darauf an den Operationstisch befestigt.

Vor dem Chloroformieren arbeitet die rechte Niere merklich stärker, die linke funktioniert schwach, ist aber nicht in dem Grade gehemmt, wie im Versuch 2 (s. oben).

Mit dem Beginn der Chloroformnarkose setzt eine merkliche Hemmung ein; dieselbe ist an der rechten Niere auffallender.

Um 9 Uhr 54 Minuten Beginn der rechtsseitigen Trepanation. Es wurden die vorderen Abschnitte der rechten Hemisphäre entblößt. Die Tätigkeit beider Nieren weist während der Operationsdauer eine Hemmung auf (Fig. 374).

Die Reizung des Punktes 7 (Fig. 372) des oberen Abschnittes des Gyrus praecentralis der rechten Hemisphäre ergibt während der Reizungsdauer und $1^1/_2$ Minuten nachher eine Art Hemmung der Tätigkeit der linken Niere (sie scheidet nicht einen einzigen Tropfen aus, Kurve steht auf 0), darauf folgt eine auffallende und anhaltende Steigerung der Sekretion, wobei das Maximum auf die 20. Minute nach dem Beginn der Reizung fällt.

Die durch die erste Reizung gesteigerte Funktion der linken Niere bleibt so während der ganzen Versuchsdauer; neue Reize ergeben nur eine schwache Wirkung. Es besteht also ein auffallender Unterschied gegenüber dem Versuch 2 und der ersten Hälfte von Versuch 3.

Die rechte Niere arbeitet während der ganzen Versuchsdauer gleichmäßig schlaff, mit sehr geringer Wellenhöhe, welche fast mit dem Maximum der linken Niere zusammenfällt.

Die Hemmung der der Reizungsseite entsprechenden rechten Niere war hier weniger prägnant, als die Hemmung der linken Niere im Versuch 2.

Das Resultat der Gesamtleistung beider Nieren während dieses Versuches, welcher 1 Stunde 50 Minuten dauerte, war:

rechte Niere sezernierte 176 Tropfen,
linke „ „ 461 „ .

Aus dem Ergebnis aller dieser Versuche ist der Nachweis abzuleiten, daß nur in der vorderen Region der Hirnrinde Stellen vorkommen, deren Reizung die Harnsekretion lebhaft steigert. Die auffallendsten diuretischen Wirkungen erzielt man jedoch vor dem inneren Felde des vorderen Abschnittes des Gyrus sigmoideus bezw. des Gyrus praecruciatus. Eine weniger konstante diuretische Wirkung ergibt das Außenfeld des Gyrus sigmoideus. Dabei stellte sich die kortikale Wirkung auf die Niere als eine vorzugsweise gekreuzte heraus, denn die Reizung führte zu einer Steigerung der Harnausscheidung aus der kontralateralen Niere.

Bei der Reizung des kortikalen Nierenfeldes besteht immer auch eine mehr oder weniger anhaltende Latenzzeit, welche jedoch in einzelnen Fällen gewisse Schwankungen aufweist.

Die Unterminierung der Rinde hebt den Effekt der Reizung des Nierenfeldes auf. Das Kurare beseitigt ihn aber nicht. Aber auch Rindenkrämpfe steigern die Harnsekretion nicht. Man erkennt daraus, daß die bei der Rindenreizung auftretende Steigerung der Harnsekretion nicht auf Nebenumständen beruhen kann.

Gleichzeitig mit der Zunahme der Harnausscheidung aus der kontralateralen Kanüle kommt es auch zu einer allgemeinen Erhöhung der

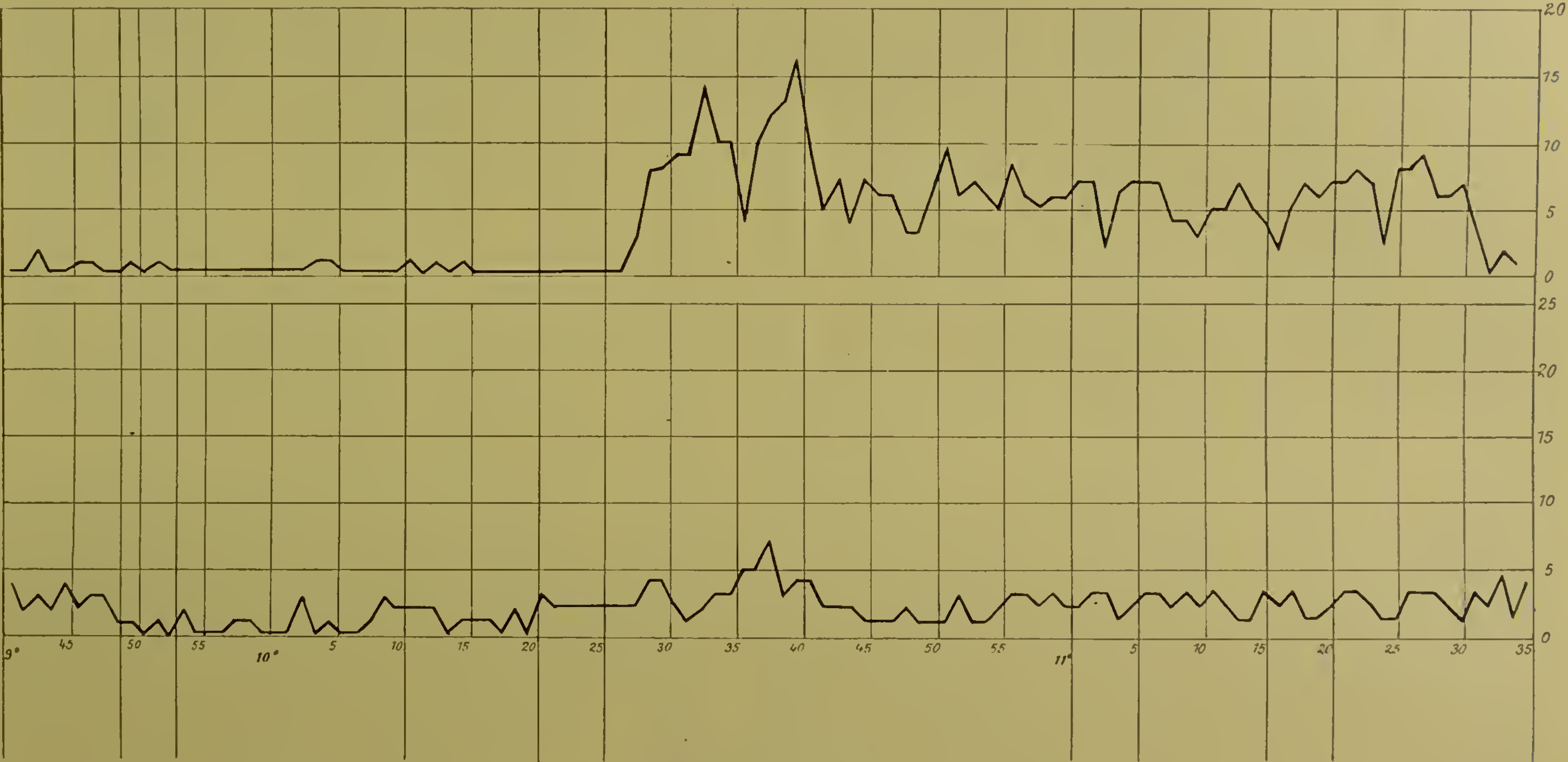


Fig. 374.
Graphische Darstellung der Nierensekretion bei Rindenreizung. Erklärung im Text.
Obere Kurve = linke Niere, untere Kurve = rechte Niere. Unten = Zeit in Stunden und Minuten. Seitlich = Zahl der Tropfen.

Menge der festen Harnbestandteile. Speziell erwies sich das spezifische Gewicht des Harns der kontralateralen Niere geringer als das spezifische Gewicht des Harns der gleichseitigen Niere, welcher schon äußerlich konzentrierter, dunkler und trüber erschien.

Auch das spezifische Gewicht des Harns vor und nach der Reizung war ein verschiedenes. Die Stickstoffmenge des Harnes vor der Reizung übertraf erheblich den Stickstoffgehalt des Harns während und nach der Reizung des kortikalen Nierenfeldes. Ein analoges Verhalten zeigen auch die Chloride, wenn der Unterschied hier auch nicht so groß war, wie bezüglich des Stickstoffgehaltes. Die Summe des Stickstoffes und der Chloride im Harn der kontralateralen Niere während der Reizung des kortikalen Nierenfeldes übertraf erheblich die Summe des Stickstoffes und der Chloride im Harn, welchen man in derselben Versuchsphase der homolateralen Niere entnimmt.

Jede anhaltende Reizung des Nierenfeldes bewirkte das Auftreten von Eiweiß in den letzten Harnportionen.

Die zweiseitige Abtragung des kortikalen Nierenfeldes führte nur zu einer vorübergehenden Verminderung der täglichen Harnmenge mit konsekutiver vorübergehender Polyurie.

Drei bis vier Stunden nach der faradischen Reizung des Nierenfeldes der Gehirnrinde konnte man die Anwesenheit von Zucker, manchmal auch von Eiweiß im Urin entdecken.

Nicht nur die elektrische, sondern auch die chemische Reizung des Nierenfeldes (mit Kochsalz, Harnstoff, Kreatinin) bewirkte eine Steigerung der Harnsekretion auf der der Reizung entgegengesetzten Seite. Besonders auffallend wirken in dieser Beziehung Kreatinin und Harnstoff; Harnsäure dagegen erzeugt keinen merklichen Effekt.

Unter allen Umständen geht aus diesen Versuchen (Dr. Karpinski) mit Sicherheit hervor, daß in der Rinde des Vorderhirns Centra lokalisiert sind, welche im Falle ihrer Reizung auf die Harnsekretion eine Wirkung ausüben.

Es bleibt dabei natürlich zu ermitteln übrig, ob diese diuretische Wirkung der Reizung nicht von einer Erhöhung des Blutdruckes abhängt oder sie etwa durch eine lokale Erweiterung der Nierengefäße bedingt wird.

Aber man erkennt aus dem bisherigen ohne weiteres, daß die topographische Lage der diuretisch am meisten wirksamen Rindenpartien (medialer Abschnitt des Gyrus praecruciatus) nicht mit der Lage der Rindengebiete zusammenfällt, welche den allgemeinen Blutdruck steigern, sondern nur einen Teil dieses Gefäßfeldes ausmachen.

Es wurde dies aber auch durch den direkten Versuch erhärtet. Man schloß dabei die Niere des Hundes in eine zartwandige Gummiblase mit umgekrempten Rändern ein und füllte den freibleibenden Raum zwischen den Wänden der Blase mit Wasser, um hierdurch die eintretenden Druckschwankungen mittels Luft-Wasserübertragung der Kymographenfeder mitzuteilen. In diesen Versuchen ward nun jede Steigerung der Harnsekretion von einer Zunahme des Nierenvolumens begleitet; die Nierengefäße erfuhren dabei also eine Erweiterung.

Daraus folgt, daß die Centra, welche vorhin in der Gehirnrinde nachgewiesen wurden, auf die Nierenzirkulation und gleichzeitig auch auf die sekretorische Funktion der Niere einwirken.

10. Die Wirkungen der Gehirnrinde auf die sekretorischen Funktionen des Geschlechtsapparates.

a) Die Rindencentra der Spermasekretion.

Daß auch die Sekretionsvorgänge im Bereiche der Geschlechtsorgane dem Einflusse der Gehirnrinde unterstehen, ist sicher.

Die Tatsache des Einflusses psychischer Agentien auf die Spermasekretion ist so allgemein bekannt, daß wir uns darüber nicht zu verbreiten brauchen. Aber genaue Feststellungen über den Einfluß auf die Spermasekretion lagen bisher nicht vor. Solche Ermittelungen

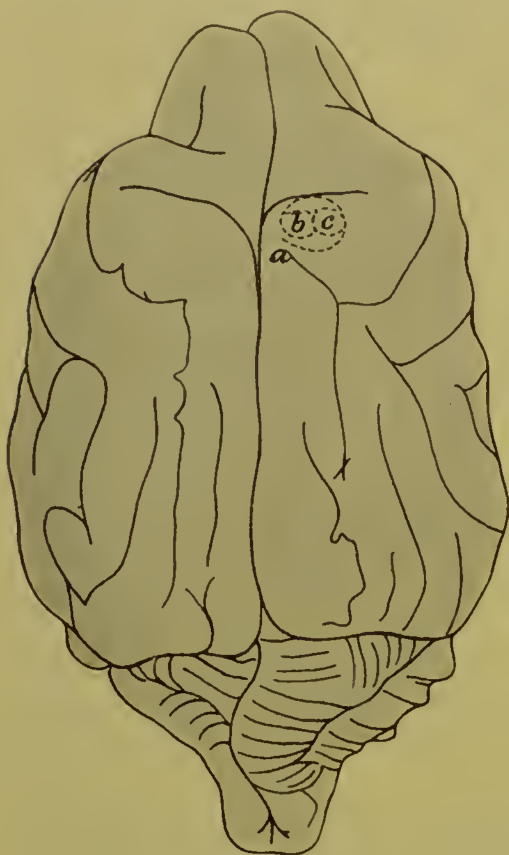


Fig. 375.
Kortikales Erektionscentrum des Hundes. — *a* Erektionscentrum, *b* Kontraktion des Gliedes, *c* Ansteigen der Kurve.

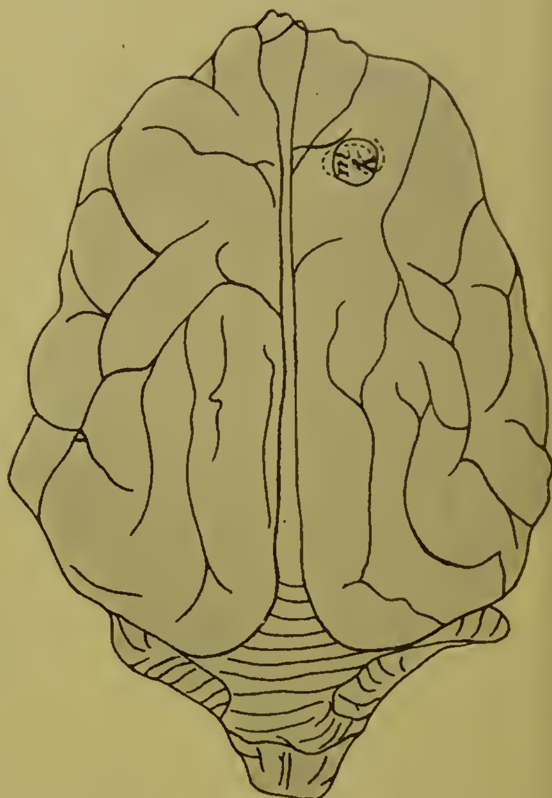


Fig. 376.
Spermosekretorisches Rindencentrum des Hundes. — Das Rindenfeld *mk* bewirkt Zunahme der Spermasekretion und Hyperämie beider Hoden.

wurden erst in jüngster Zeit in meinem Laboratorium mittels entsprechender Experimente an Kaninchen und Hunden beigebracht (Dr. Pussep).

Das Ergebnis dieser Versuche, bei welchen feine Kanülen in die Samenleiter eingeführt und die Hoden bloßgelegt wurden, geht dahin, daß die dem Erektionscentrum (Fig. 375*a*) angrenzenden und z. T. mit diesem Centrum sich deckenden Stellen der Gehirnrinde des Hundes im Falle ihrer Reizung eine gesteigerte Spermasekretion ergeben

(Fig. 376). Gleichzeitig erfolgt eine Erweiterung der Hodengefäße, welche schon für das unbewaffnete Auge erkennbar ist (Fig. 377).

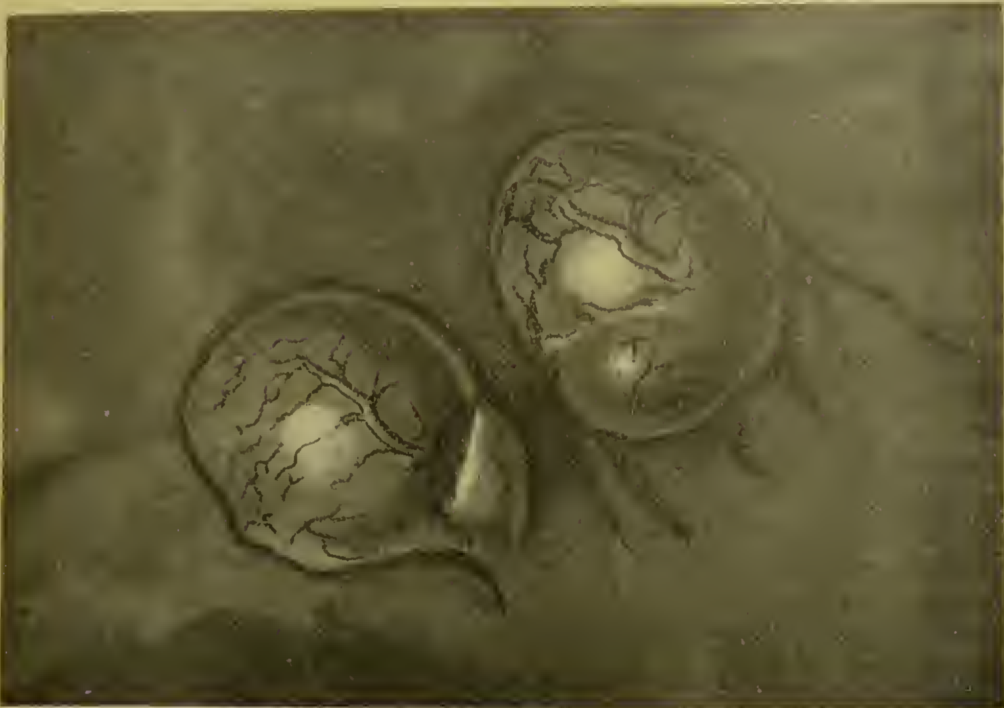


Fig. 377.
Gefäßerweiterung und Hyperämie der rechten Samendrüse des Hundes bei Rindenreizung (Fig. 376).

Diese Wirkung tritt stets auf der Seite der gereizten Hemisphäre auf. Sie konnte nicht nur beim Hunde, sondern auch beim Kaninchen hervorgerufen werden (Fig. 378).

Eine genaue entgegengesetzte Wirkung erzielt man von einem Rindenpunkte aus, welcher dem Hemmungscentrum der Erektion benachbart liegt. Hier trat auf der Reizseite eine deutliche Zusammenziehung der Hodengefäße ein. Die Annahme, daß diese Wirkung mit einer Abnahme der Spermasekretion zusammenfällt, ist möglich, aber genauer verfolgen läßt sich dies nicht, schon wegen der geringfügigen Menge des überhaupt sezernierten Spermas.



Fig. 378.
Spermosekretorisches Rindencentrum des Kaninchens. — Die Lage dieses Centrums ist auf der Abbildung durch Punktierung umzogen.

Im Experiment ist nun dem Einwand zu begegnen, daß die bei der Reizung der Nachbarregionen des Erektionscentrums auftretende Zunahme der Spermasekretion von mechanischen Ursachen abhänge, etwa von einer Expression des Sekretes durch die sich zusammenziehenden Samenkanälchen. Um hierüber ins Klare zu kommen, wurden an Versuchs-

tioren Atropininjektionen gemacht. Hierbei wurde, wie sich herausstellte, die Wirkung zwar schwächer, aber immerhin war auch nach der Atropininjektion bei der Reizung des Rindencentrums eine Zunahme der Spermasekretion zu bemerken.

Daß Kontraktionen der Muskelschicht des Scrotums hier von Einfluß waren, davon konnte nicht die Rede sein, da in den Versuchen die Hoden vom Scrotum separiert und bloßgelegt wurden.

Aus allem ergibt sich also, daß die Rindenwirkung hier auf eine Zunahme der Spermasekretion zu beziehen ist. Was die Frage betrifft, ob wir es hier mit einem spezifisch sekretorischen oder mit einer vasomotorischen Wirkung zu tun haben, so stellt sich die letztere Annahme nach allen vorhandenen Befunden als die wahrscheinlichere heraus.

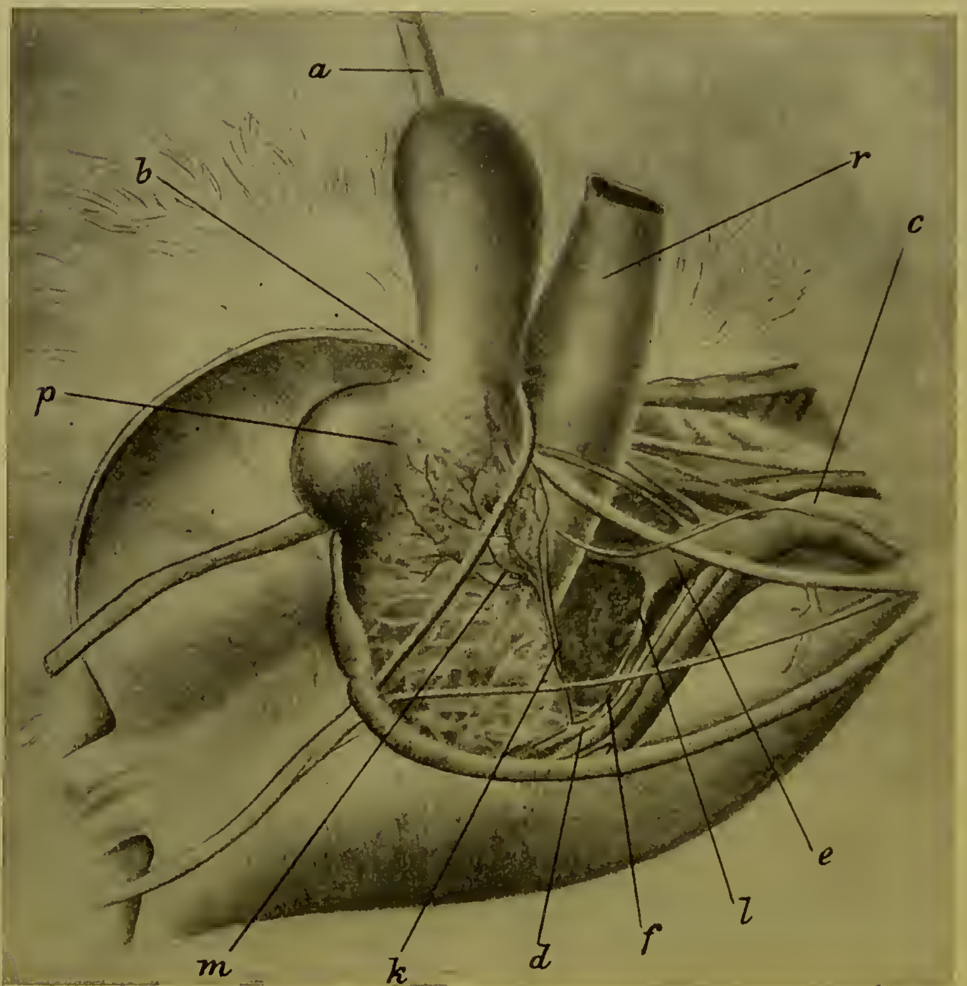


Fig. 379.

Operationstechnik beim Versuch über kortikale Prostatainnervation.

a Kanüle; *b* Blase; *r* Rectum; *p* Prostata; *c* Ganglion mesentericum inferius; *d* Nervus pudendus internus; *e* Plexus hypogastricus; *f* Nervi erigentes; *k* Äste des N. pudendus internus; *m* Gefäß- und Nervennetz an der Prostata; *l* Ästchen vom Plexus hypogastricus.

b) Die Rindencentra der Prostata.

In der Nähe des Centrums der Spermasekretion wurde in meinem Laboratorium auch ein kortikales Centrum für die sekretorische Tätigkeit der Prostata aufgefunden.

Die betreffenden Versuche wurden von Dr. PUSSEP an Hunden im Alter von 2—4 Jahren ausgeführt, wo die Prostatadrüse eine besonders lebhafte Funktion entfaltet.

Die meisten Versuche verliefen an kuraresierten Hunden. — Die Einführung von Kanülen in die Harnröhre erwies sich als eine mangelhafte Methode, da hierbei das Prostatasekret sich mit dem Harnröhrensekret vermischen konnte. Um diesen Fehler zu beseitigen, legte man in der Mittellinie über der Schamfuge einen Bauchschnitt an, zog die Harnblase vor und legte dann unter Ablösung des perivesikalen Zellgewebes den Blasenhals und die Prostata frei. Darauf folgte die Unterbindung der Harnröhre unterhalb der Prostata, sowie der Samenleiter; durch eine am Blasenhalse angelegte Öffnung führte man eine Kanüle in die Blase ein und befestigte sie daselbst durch eine Naht, welche behufs Schonung der Nerven zwischen den Schichten der Blasenwand hindurchgeführt wurde. Die Kanüle verband man darauf mit einem feinen Gummischlauch. Die Menge des sezernierten Sekrets bestimmte man nach der Zahl der ausfließenden Tropfen. In eine zweite durch Schnitt erzeugte Öffnung wurde zugleich eine andere, ebenfalls mit Gummischlauch verbundene Kanüle eingeführt (Fig. 379).

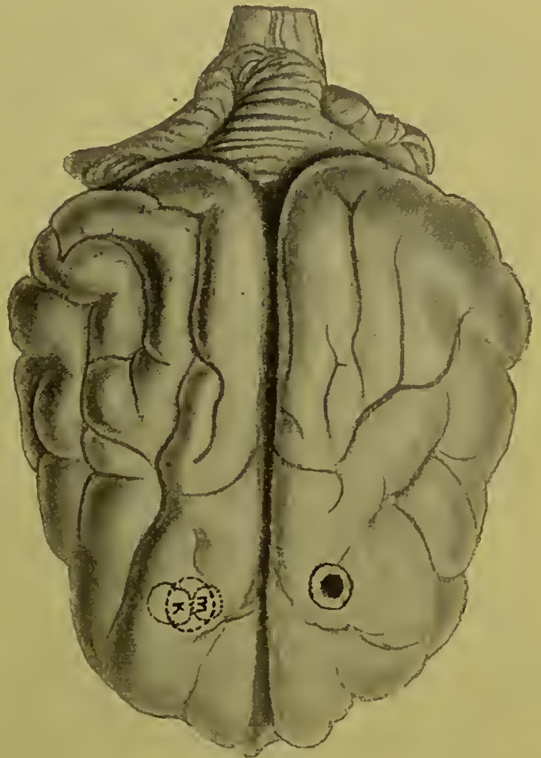


Fig. 380.
Das kortikale Prostatacentrum des Hundes. An der rechten Hemisphäre ist das Hodencentrum eingezeichnet; an der linken ist die Lage des Prostatacentrums durch einen Kreis angedeutet, in welchem ein dunkler Fleck als Hemmungscentrum der Prostatasekretion wirksam ist.

Wie bei diesen Versuchen eruiert wurde, führt die Reizung eines kleinen Rindenfeldes, welches fast $^1/_2$ cm hinter dem Sulcus cruciatus und etwa 1 cm von der großen Längsspalte des Gehirns liegt (Fig. 380), jedesmal zu einer gesteigerten Ausscheidung von Prostatasaft. Im allgemeinen findet sich dieses Prostatafeld der Gehirnrinde hinter und ein wenig unterhalb bezw. nach außen von der Rindenstelle, welche auf die Spermasekretion Einfluß übt.

Wie in anderen Fällen wies auch hier die Reizung der Gehirnrinde eine weitaus längere Latenzperiode auf als die Reizung des spinalen und subkortikalen Centrums für die Prostatasekretion. Im Falle der Reizung mit starken Strömen von 4—5 cm Rollenabstand kam die Prostatasekretion sogar ganz zum Stillstande, offenbar infolge des Einsetzens von Hemmungswirkungen.

In manchen Fällen hatte es den Anschein, als ob eine unterhalb

und hinter dem Prostatafelde gelegene Rindenstelle hemmend auf die Prostatasekretion einwirkte, doch wäre es gut, dieses Verhalten an der Hand meiner Versuche weiter zu verfolgen.

c) Die Wirkungen der Gehirnrinde auf die Tätigkeit der Brustdrüse.

Mit der Tätigkeit der Geschlechtswerkzeuge hängt in physiologischer Beziehung die Funktion der weiblichen Brustdrüse bekanntlich auf das engste zusammen.

a) Psychische Einflüsse.

Es unterliegt keinem Zweifel, daß die Absonderung der Milch mit kortikalen Impulsen in Beziehung steht. Dies wird namentlich dadurch wahrscheinlich gemacht, daß gewisse psychische Momente deutliche Veränderungen der Funktion der Brustdrüse nach sich ziehen.

1. *Allgemeine Angaben.* — Man kennt Fälle, wo die Milch nur unter dem Einflusse entsprechender psychischer Reize in starkem Strahl spontan aus der Mamilla hervorschoß. Man darf daraus offenbar schließen, daß in der Gehirnrinde bestimmte Centra für die Brustdrüse lokalisiert sein müssen.

Daß die eigentlichen Sekretionsvorgänge der Brustdrüse wenigstens bis zu einem gewissen Grade kortikal beeinflußt sind, wird daraus ersichtlich, daß die Brustdrüsen bei psychischen Zuständen, welche von angenehmem Selbstgefühl begleitet sind, leicht prall werden und mehr Milch sezernieren, während Affekte entgegengesetzter Art zu einer Verminderung der Milchsekretion führen. Plötzliche psychische Insulte, wie Schreck u. dgl., können die Milchabsonderung total aufheben.

Bei manchen stillenden Frauen ist ein schnelles Prallwerden der Brüste beim Anblick des weinenden hungrigen Säuglings bemerkt worden. Bekannt ist ferner, daß die Kuh mehr Milch gibt, wenn das Kalb in der Nähe ist; ist sie aber unruhig oder melkt sie eine fremde Hand, dann vermindert sich die Milchmenge.

Bouchut gedenkt eines Falles, wo die Milch einer Frau bei dem Anblick ihres fallenden Kindes plötzlich stockte, aber sich wieder zeigte, als das Kind nach der Brust verlangte.

Aber nicht nur die Menge, sondern auch die Eigenschaften der Milch können durch psychische Einwirkungen verändert werden. Besonders wirksam sind in dieser Beziehung depressive Gemütszustände. Bourdot sah die Milch einer Amme unter solchen Verhältnissen dick werden. Man berichtet ferner von Fällen, wo die Milch bei trüber Gemütsstimmung sauer wurde und bei dem Säugling sogar epileptische Krämpfe hervorrief (Meslie). Berlin konstatierte eklamptische Anfälle bei einem Kinde, das von einer erregten Frau gestillt worden war. Solche Krämpfe traten, wie Levret mitteilt, selbst bei einem Hunde auf, welcher die Milch einer in zorniger Stimmung befindlichen Frau saugte.

Man kann aber nicht umhin zu bemerken, daß in allen diesen, einer älteren Zeit angehörigen Fällen eine chemische Analyse der Milch nicht stattgefunden hat.

Immerhin aber geht aus allen diesen Angaben das eine mit Sicherheit hervor, daß psychische Momente in auffallender Weise sich in der

Quantität und wahrscheinlich auch in der Qualität der sezernierten Milch ausprägen können. Fogel war bis zu einem gewissen Grade im Recht, als er die Milchausscheidung hinsichtlich ihrer Beziehungen zu den psychischen Zuständen mit der Tränensekretion verglich.

2. *Experimentelle Untersuchungsbefunde.* — Von diesen allgemeinen Angaben abgesehen, lagen bisher experimentelle Befunde unter dem Einfluß psychischer Momente auf die Milchsekretion nicht vor.

Solche Untersuchungen sind erst unlängst auf meine Veranlassung angestellt worden (Dr. Nikitin).[1])

Man experimentierte in diesem Fall an Schafen aus der Laktationsperiode, wobei feine Glaskanülen in die Ausführungsgänge des Euters eingeführt wurden. Die Menge der Milch wurde in manchen Fällen nach der Zahl der ausfließenden Tropfen bestimmt, in anderen Versuchen mit Hilfe eines Registrierapparates, welcher die fallenden Tropfen auf eine rotierende Trommel übertrug. Wenn die Kanüle eingeführt war, wartete man ab, bis die spontane Milchausscheidung ganz aufhörte.

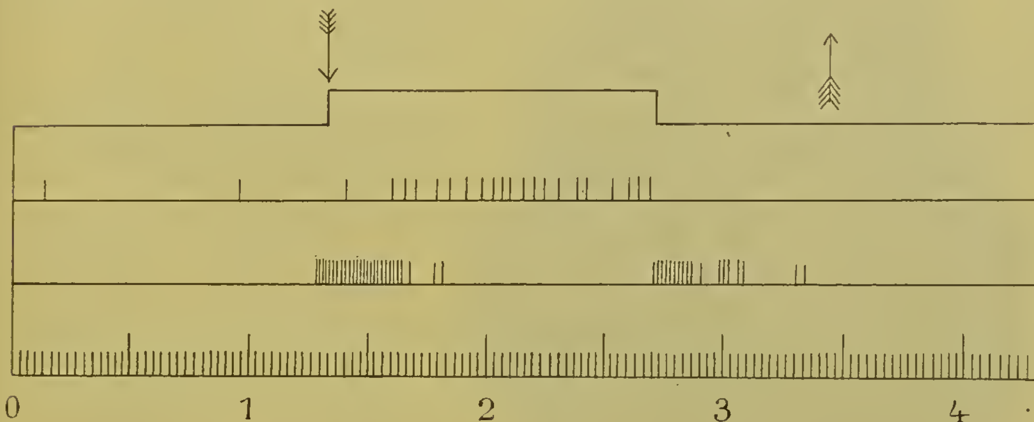


Fig. 381.

Milchsekretion des Schafes beim Anblick des Lammes. — Linker Pfeil: das Lamm wird herein gebracht; rechter Pfeil: das Lamm wird entfernt. Die zweite Linie zeigt die Sekretion der rechten Zitze, die dritte die der linken Zitze; die vierte dient als Zeitindikator von 2 zu 2 Sekunden.

In diesen Versuchen war die Wirkung psychischer Momente und anderer Reize auf die Milchsekretion ohne weiteres zu beobachten. Beim Aufblitzen von Magnesiumlicht z. B. konstatierte man eine Abnahme oder auch ein Aufhören der Milchsekretion. Auch ein Pistolenschuß, sowie schmerzhafte Insulte brachten die Milchsekretion zum Stillstande. Dagegen bewirkte der Anblick des Lammes eine sofortige Steigerung der Milchsekretion (Fig. 381).

Da sich bei diesen Untersuchungen herausstellte, daß beim Schafe in der Umgebung und zwischen den Alveolen der Brustdrüse glatte Muskelfasern nicht vorkommen, so kann die bei diesem Verfahren durch Reizung bewirkte Milchausscheidung nur auf gesteigerte Tätigkeit des eigentlichen Sekretionsapparates der Drüse bezogen werden.

---

[1]) Nikitin, Über den Einfluß des Gehirns auf die Milchsekretion. Verhandlungen der Wiss. Versamml. der Psychiatr. u. Nervenkl. zu St. Petersburg, März 1906.

b) Die Rindencentra der Milchsekretion.

Da die Funktion der Milchdrüsen, wie auch die Funktion anderer Drüsen dem vasomotorischen Einfluß des Nervensystems untersteht, und da die Centra der vasomotorischen Wirkungen auf die verschiedenen Körperteile, wie wir wissen, in erster Linie dem ausgedehnten Gebiete der sensitiv-motorischen Zone der Gehirnrinde angehören, so wird man voraussetzen dürfen, daß in dieser Rindenregion sich auch die Centra finden, welche die Sekretionstätigkeit der Magendrüsen befördern.

Definitiv entscheidbar ist dies natürlich aber nur an der Hand exakter experimenteller Beobachtungen. Es wurden in diesem Sinn in meinem Laboratorium spezielle Untersuchungen an kuraresierten Schafen durchgeführt (Dr. Nikitin), deren Ergebnis hier mitgeteilt werden soll.

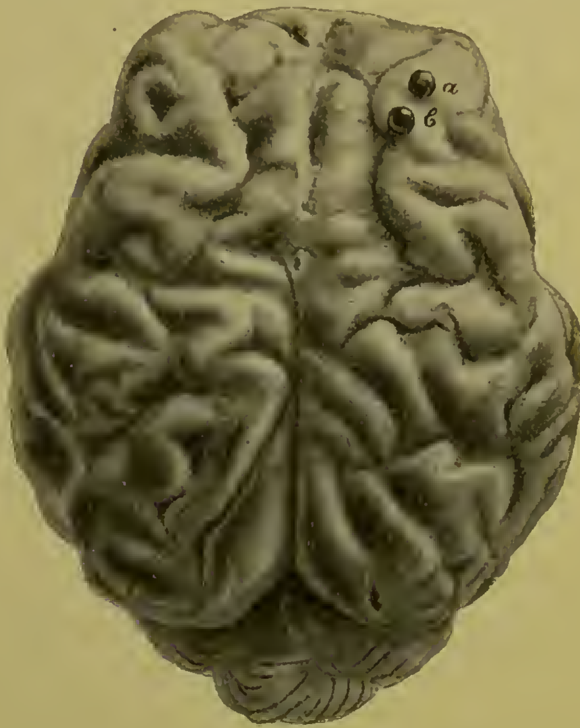


Fig. 382.
Oberfläche des Schafgehirns. Nach Photographie. — Die Reizung der Punkte a und b bewirkt gesteigerte Milchsekretion.

Im ganzen wurden — die Kontrollversuche ungerechnet — 28 Experimente mit Reizung der Gehirnrinde angestellt.

Der Befund, zu welchem man im Verlaufe dieser Versuche gelangte, geht dahin, daß die Reizung der motorischen Zone der Gehirnrinde in der Nachbarschaft des Facialisfeldes (Lippengebiet) Milchsekretion ergibt, wenn diese Wirkung auch nicht ganz konstant ist.

Das betreffende Rindenfeld findet sich nach außen von dem vorderen Drittel der Fissura coronalis, in 2—3 mm Entfernung von dieser Furche (Fig. 382). Es nimmt einen Flächenraum von weniger als ein Quardratzentimeter ein.

Der Eintritt der Milchsekretion erfolgt bei der Reizung dieses Rindenfeldes nach Ablauf einer langen Latenzperiode. Die kontralaterale Milchdrüse sezerniert dabei in der Regel lebhafter. Doch ist auch die Tätigkeit der Magendrüse der Reizseite bei der Rindenirritation gesteigert. Manchmal sezerniert sukzessiv zuerst die eine, dann die andere Drüse. Die Wirkung vollzieht sich dabei bei Fehlen von Krämpfen im Rumpf- und Extremitätengebiet. Sie ist ferner auch bei kuraresierten Tieren vorhanden, kann also nicht auf irgend welche Nebenumstände bezogen werden (Fig. 383).

An Tieren aus späteren Laktationsphasen ist eine Wirkung auf die Milchsekretion von der Rinde aus weniger leicht zu erzielen.

Auch die Zusammensetzung der Milch wurde in diesen Versuchen bestimmt, also das definitive Ergebnis dieser chemischen Untersuchungen ist bisher nicht abgeschlossen.

Im Falle unilateraler Abtragung des Blutdruckfeldes der Gehirnrinde ändert sich die Magensekretion weder in quantitativer, noch in qualitativer Beziehung.

Es verdient hier ferner betont zu werden, daß bei der durch die Reizung des Blutdruckfeldes der Gehirnrinde hervorgerufenen Milchsekretion Veränderungen des Gefäßdruckes in der Arteria cruralis der Reizseite nicht auftreten.

Die versuchte Reizung der Hinterhaupt- und Schläfenregion ergab ein negatives Resultat bezüglich der Milchsekretion.

Es fiel ferner auf, daß die vorhin erwähnte Wirkung psychischer Momente auf die Milchsekretion ausblieb, wenn man das entsprechende Rindencentrum abtrug.

Wir finden demnach, zufolge den Ermittelungen dieser Versuche, im Bereiche der sensitiv-motorischen Zone der Gehirnrinde Centra, deren Reizung deutliche Veränderungen der Milchsekretion nach sich zieht. Diese Centra kommen auch in Betracht, wenn man die vorhin erwähnten Befunde, welche die psychische Beeinflussung der Milchsekretion betreffen, richtig beurteilen will.

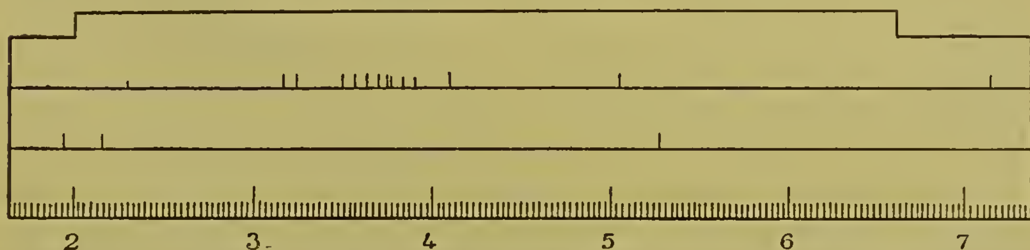


Fig. 383.
Tropfenweise Milchausscheidung bei Reizung der Rindenstelle *a* in Fig. 382. Kuraresiertes Schaf. — Sonstige Erklärung s. Fig. 381.

VIII.

Die thermoregulatorischen Funktionen der Gehirnrinde.

Es sind im Laufe der Zeit mehrere Angaben und Befunde beigebracht worden, welche geeignet erscheinen, über die Wirkungen der Gehirnrinde auf den Wärmehaushalt des Organismus einiges Licht zu verbreiten.

1. Literarische Übersicht.

Die ersten Angaben über Beziehungen der Gehirnrinde zu der Wärmeregulation rühren aus den 70iger Jahren des vorigen Jahrhunderts her.

Schreiber hat darauf aufmerksam gemacht, daß Tiere mit zerstörter Gehirnrinde im hohen Grade unfähig sind, sich der Temperatur der

Umgegend anzupassen. Da dieses Ausgangsvermögen in erster Linie von den Vasomotoren an der Körperperipherie abhängt, so ist mit dieser Angabe offenbar der Einfluß der Gehirnrinde auf den Zustand der Vasomotoren gemeint.[1])

Sehr bald darauf untersuchten EULENBURG und LANDOIS speziell die thermischen Wirkungen der motorischen Zone der Gehirnrinde in einer Reihe von Experimenten, deren schon früher gelegentlich gedacht worden ist.[2])

Man bediente sich in diesen Versuchen des FARADI'schen Stromes und des Chlornatriums zur Reizung der Gehirnrinde, welch letzteres direkt auf die entblößte Rindenoberfläche gestreut wurde. Die Abtragung der Rinde geschah mittels des Paquelins. Auch die Kuraresierung fand in diesen Versuchen Anwendung. Die periphere Temperatur wurde mittels des Thermometers zwischen den Zehen des Versuchstieres gemessen. In einzelnen Versuchen benutzte man auch die DUTROCHET'schen thermoelektrischen Nadeln, welche in die Haut hineingestochen wurden.

Das Resultat dieser Versuche ging dahin, daß bei der schwachen Reizung der Rinde mit dem faradischen Strom oder mit Chlornatrium im Bereiche der motorischen Zone eine Herabsetzung der Temperatur der kontralateralen Extremitäten Platz greift, welche offenbar durch eine Zusammenziehung der peripheren Gefäße bedingt wird. Umgekehrt erzielte man durch die Zerstörung der Rinde in dem gleichen Gebiet eine ziemlich schnelle Erhöhung der Temperatur der kontralateralen Körperhälfte. Die Temperaturdifferenz in diesen Versuchen von EULENBURG und LANDOIS ging manchmal bis zu 13° C, gewöhnlich aber betrug sie 1°—3° C und bestand 2—3 Tage nach der Operation am Gehirn. In einem der Fälle war drei Monate lang eine deutliche Temperaturdifferenz zwischen beiden Körperhälften zu beobachten.

Als eigentlich thermisch wirksames Rindenfeld bezeichnen EULENBURG und LANDOIS jenen Teil der motorischen Zone, welcher dem hinteren und äußeren Abschnitt des Gyrus sigmoideus entspricht. Es bestehen dabei besondere Wärmefelder für die vordere und für die hintere Extremität. Das Wärmefeld der vorderen Extremitäten soll mehr nach vorne am Außenrande des Sulcus cruciatus seine Lage haben.

Diese Befunde von LANDOIS und EULENBURG bezüglich der thermischen Wirkungen der motorischen Centra der Gehirnrinde auf die periphere Körpertemperatur werden von HITZIG im ganzen und großen bei einer Nachprüfung als richtig bestätigt.

WOOD fand bei einer Prüfung der EULENBURG-LANDOIS'schen Experimente, daß die Zerstörung der Rinde in der angezeigten Gegend eine Zunahme der Wärmeproduktion bewirkt, während ihre Reizung die Wärmeabgabe steigern soll.

VULPIAN unterstützt die Befunde von LANDOIS und EULENBURG bezüglich der thermischen Wirkungen des Gyrus sigmoideus auf Grund eines Versuches, in welchem er nach erfolgter Abtragung des Gyrus sigmoideus des Hundes mehrere Monate lang eine Herabsetzung der Temperatur der kontralateralen Extremitäten beobachtete. Er bezieht

---

[1]) SCHREIBER, Über den Einfluß des Gehirns auf die Körpertemperatur. Pflügers Archiv 1894.

[2]) LANDOIS und EULENBURG, Die thermischen Wirkungen exper. Eingriffe am Nervensystem usw. Virchows Archiv 1876, Bd. 68.

diese Wirkung jedoch auf Rindenzerstörungszustände im Bereiche der Gehirnrinde.

Dagegen gelangte Küssner bei einer Nachprüfung der Eulenburg-Landois'schen Versuche am Kaninchen zu negativen Resultaten. Nun ist aber das Kaninchen mit seinen wenig ausgebildeten Rindencentren gewiß ein recht ungeeignetes Objekt zu solchen Untersuchungen. Bei einer Nachprüfung fremder Versuche hätte man sich an die gleichen Versuchstiere halten sollen, deren sich auch Landois und Eulenburg zu ihren Experimenten bedienten.

2. Experimentelle Ergebnisse.

So blieb der Zustand dieser Angelegenheit bis zum Jahre 1879, als ich meine Untersuchungen über den Einfluß der Gehirnrinde auf die periphere Körpertemperatur des Hundes aufnahm.

Ich bediente mich behufs Untersuchung der Temperatur des Seguin'schen Thermometers, dessen scheibenförmige Quecksilberbehälter durch eine kleine Schnittöffnung unter die Haut des Versuchstieres an symmetrischen Stellen gebracht wurden. Untersucht ward außerdem die Temperatur im Mastdarm mit Hilfe eines genauen und empfindlichen Geissler'schen Thermometers.

Kontrollversuche an normalen Tieren bezeugten, daß die Temperaturdifferenz zwischen symmetrischen Stellen der Extremitäten im allgemeinen 0,2°–0,4° nicht überstieg.

Behufs Untersuchung der Gehirnrinde benutzte ich in meinen damaligen Versuchen die gleichen Mittel, deren sich auch Eulenburg und Landois bei ihren Experimenten bedienten, nämlich der Bestreuung der Rindenoberfläche mit Chlornatrium, ferner Reizung mit schwachen faradischen Strömen und Kauterisation mit dem Paquelin.

Diese Versuche führten zu dem Ergebnis (Fig. 384), daß die Reizung des Gyrus sigmoideus eine Herabsetzung der peripheren Körpertemperatur bewirkt. Die verminderte Körpertemperatur hält noch einige Minuten nach der Entfernung der Elektroden an. Dagegen zieht die Zerstörung der Region des Gyrus sigmoideus eine Erhöhung der Körpertemperatur der kontralateralen Extremitäten nach sich, welche 1°–3° C beträgt und nicht selten mehrere Wochen lang dauert. Doch trat in der ersten Zeit nach dem Eingriff in der Regel eine Herabsetzung der Körpertemperatur um 2°—3° C ein.

Veränderungen der inneren Körpertemperatur bei Läsionen der Gehirnrinde sind auch schon von anderen Beobachtern festgestellt worden.

Schon Bochefontaine und Brown-Séquard fanden bekanntlich bei der Abtragung verschiedener Stellen der vorderen Hirnregion eine Erhöhung der Körpertemperatur, während die Reizung dieser Gebiete in ihren Versuchen von einem Abfall der Körpertemperatur gefolgt wurde.

Filehne beobachtete ein starkes Fallen der Körpertemperatur nach der Enthirnung eines Tieres, jedoch war das Wärmeregulationsvermögen in diesem Fall erhalten geblieben, da das Versuchstier bei künstlicher Erwärmung seine Körpertemperatur auf regelrechter Höhe erhalten konnte.

Nach den Ermittelungen von White und Washburn geht die innere Körpertemperatur des Kaninchens (in recto) nach der Zerstörung des hinteren Teiles der Gehirnrinde in die Höhe und zwar ist diese Wir-

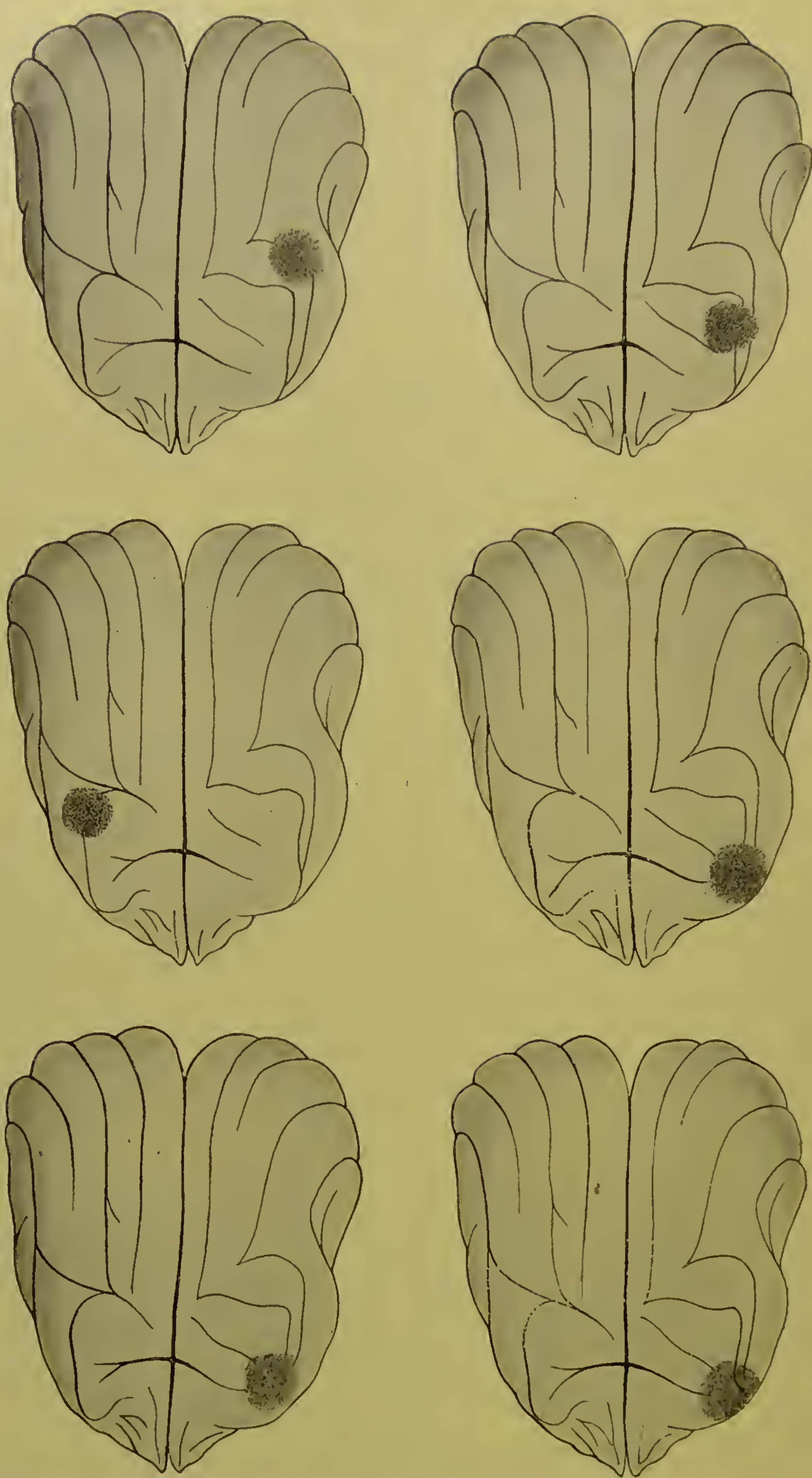


Fig. 384.
Veränderungen der peripheren Körpertemperatur der kontralateralen Extremitäten bei partieller Zerstörung des Gyrus sigmoideus und der angrenzenden (dunkel gehaltenen) Partien.

kung konstanter, als bei der Zerstörung der vorderen Gebiete der Gehirnrinde.[1])

In den Versuchen von Tangl bewirkten Einstiche in den Hinterhauptlappen eine Herabsetzung der Temperatur im Mastdarm.[2])

Richet fand beim Kaninchen, daß schon die leichte Ätzung der vorderen Teile der Gehirnrinde mit Eisenchlorid ein Ansteigen der Körpertemperatur von 39,75° auf 40,40° in zwei Stunden bewirkt.[3])

An einem anderen Orte berichtet Richet, daß Einstiche in den vorderen Teil der Gehirnrinde die Körpertemperatur auf 41—42° und selbst auf 43° erhöht; diese Temperaturhöhe soll $1^1/_2$ Stunden nach der Gehirnoperation noch vorhanden sein. Auch die Ätzung des Hinterhauptlappens bewirkte ein Ansteigen der Körpertemperatur um 0,4° bis 0,5° C.

Wie Richet vermutet, beruht diese Wirkung darauf, daß das Kaninchen unter dem Einfluß der Ätzung in einen Zustand lebhafter Aufregung verfällt.

Auch nach der Reizung der Gehirnrinde mittels des faradischen Stromes bemerkte Richet ein gewisses Ansteigen der Körpertemperatur im Mastdarm. Alltägliche Einstiche in das Kaninchengehirn führten unter Auftreten von Lähmungen, Diarrhoe und allgemeiner Abmagerung zu einem Abfall der Körpertemperatur auf 28—26° C. Bei den nachträglichen Untersuchungen der operierten Kaninchen in einem doppelwandigen Kalorimeter fand Richet, daß sowohl die Wärmeabgabe, als auch die Wärmebildung im Körperinnern eine Zunahme aufwies. Die Erklärung für diese Erscheinungen sucht Richet in einer gesteigerten Oxydation der Gewebe.[4])

Nach den Beobachtungen von Raphael verhindert die Abtragung der Gehirnhemisphären die Wiedererwärmung der Susliken (S. 1170) nach dem Winterschlaf. — Ein analoges Resultat soll nach seinen Befunden auch die Durchschneidung der Sympathici nach sich ziehen. — Dagegen bewirkte die Durchschneidung des Rückenmarkes in der Höhe des vierten Halswirbels, sowie die Fortspülung der Gehirnrinde mit dem Wasserstrahl bei den im Winterschlaf befindlichen Susliken (S. 1170) kein Ansteigen der Körpertemperatur.

Ott verfolgte in eingehender Weise die thermischen Wirkungen der Gehirnrinde. Er erzielte bei seinen Untersuchungen durch thermocaustische Zerstörung der Gehirnrinde an der gleichen Stelle, welche

---

[1]) H. White and Washburn, On the relation of the temperature after the destruction of the cerebral cortex. Journ. of physiol., VII, 1891.

[2]) Tangl, Zur Kenntnis der Wärmecentren beim Pferde. Pflügers Archiv 1895, Bd. 61.

[3]) Richet, De l'action du cerveau sur la température. Comptes rendus de soc. de biologie 1894. — Effets de la déstruction de l'écorce cérébrale sur les lapins. Comptes rendus de la soc. de biologie 1894.

[4]) Richet, La fièvre traumatique nerveuse et l'influence des lésions du cerveau sur la température. Comptes rendus de la soc. de biologie 1894. — Influence du syst. nerveux sur la calorification. Comptes rendus de l'académie des sciences 1885. — L'hyperthermie consecutive aux lésions du cerveau. Comptes rendus de la soc. de biologie 1886.

[5]) D. Raphael, Sur l'influence des centres nerv. sur le thermogènes. Comptes rendus de la soc. de biologie, Paris, 1893, 1894.

[6]) I. Ott, The heat centres of the cortex cerebri and pons varolii. Journ. of nerv. and ment. dis. 1877, 1888.

auch Eulenburg und Landois in ihren vorhin erwähnten Experimenten lädiert hatten, analoge Temperaturerscheinungen, wie sie von diesen beiden Autoren beobachtet wurden.

Bei der Exzision von $^1/_{16}$ Zoll dicken Scheiben der Gehirnrinde des Kaninchens und der Katze fand Ott die auffallendsten Temperatursteigerungen in dem Fall, wenn die Rindenläsion an Ort und Stelle der Verbindung der Fissura suprasylvia und Fissura postsylvia (Wilder's Nomenklatur) stattfand. In diesen Fällen stieg die Temperatur auf 30—40° C und blieb so 5—6 Tage lang bis zum Eingehen der Versuchstiere.

Die kalorimetrische Untersuchung der operierten Tiere lehrte, daß in den ersten Tagen nach dem Gehirneingriff eine Steigerung der Wärmebildung und der Wärmeabgabe von der Körperoberfläche stattgefunden hatte. Späterhin nimmt beides deutlich ab.

Da die Reizung der Gehirnrinde im Bereiche des Gyrus sigmoideus ein Sinken, ihre Zerstörung dagegen ein Ansteigen der Körpertemperatur zur Folge hat, so glaubt Ott, daß diese Rindenregion als kortikales thermo-regulatorisches Centrum funkioniert.

Ott unterscheidet jedoch weiterhin ein ganzes System thermoregulatorischer Rindencentra. Darunter nennt er auch Wärmehemmungscentra im Gebiete des Sulcus cruciatus und Sulcus sylviacus.[1])

Nach der Ansicht von White funktioniert die Region der Rolandoschen Furche als Centrum der Wärmebildung und Wärmeabgabe.

Guyon untersuchte nach dieser Richtung hin Kaninchen in der Weise, daß er den Tieren mittels einer feinen Nadel Einstiche in verschiedene Teile des Gehirns machte. Wie sich nun dabei herausstellte, bewirken oberflächliche Stiche, sowie tiefe, falls sie nicht bis an den Ventrikel reichen, keine hochgradigen Veränderungen der Körpertemperatur. Öfters war gerade umgekehrt ein Ansteigen der Körpertemperatur um 1° dabei zu bemerken.[2])

Wenngleich Guyon's Versuche an Kaninchen demnach ein nahezu negatives Resultat lieferten, so muß man im Hinblick auf die zahlreichen positiven Befunde anderer Autoren, welche wir vorhin kennen lernten, zu dem Schlusse kommen, daß die Gehirnrinde in ihren verschiedenen Regionen, vor allem im Gebiete des Gyrus sigmoideus bezw. der Centralwindungen der höheren Säugetiere in mehr oder weniger merklicher Weise auf die periphere, sowie auf die innere Körpertemperatur Einfluß übt.

Wie Guyon annimmt, entsprechen die thermischen Centra dem am Sulcus cruciatus gelegenen Gebiete der motorischen Zone der Gehirnrinde.

Doch weichen andere Angaben davon wesentlich ab.

So z. B. haben Corin und van Beneden gefunden, daß die Abtragung der Großhirnhemisphären bei der Taube weder die Regulation noch die täglichen Schwankungen der Körpertemperatur in irgend einer Weise beeinflußt. — Man darf aber nicht vergessen, daß es sich in

---

[1]) J. Ott, The inter brain its relations to thermotaxis polypnose etc. Journ. of nerv. and ment. dis. 1891.

[2]) Guyon, Hyperthermie centrale consécutive aux lésions du cerveau. Arch. de méd. experim. et d'anat. pathol. 1894, Nr. 1.

diesem Fall um Vögel handelte, bei welchen überhaupt eine geringe Ausbildung der motorischen und somatischen Rindencentra vorwaltet.

Hinwiederum ward in den Versuchen von GOLTZ die Abtragung großer Abschnitte der Gehirnrinde nicht von Veränderungen der Körpertemperatur begleitet. — In diesen Versuchen aber wurden die einzelnen Felder der Gehirnrinde nach einander in mehreren Sitzungen abgetragen und die Untersuchungen der Körpertemperatur erfolgten anscheinend bereits zu einer Zeit, als das Tier sich von den Folgen der Gehirnoperation hinreichend erholt hatte.

Volle Beachtung verdienen ferner die hierhergehörigen Befunde von ARONSOHN und SACHS.

Versuchsobjekt waren in diesem Fall Meerschweinchen, Kaninchen und Hunde. — Die Messung der Körpertemperatur geschah mit Hilfe thermo-elektrischer Vorrichtungen. — Zur Erzeugung umschriebener Rindenläsionen dienten feine Nädelchen, welche nach verschiedenen Richtungen in das Gehirn hineingetrieben wurden. Ausgiebigere Läsionen erzeugte man mittels mehrfacher Einstiche an einer und derselben Stelle.

Die oberflächlichen Rindeneinstiche erzeugten, wie sich herausstellte, keine nennenswerten Veränderungen der Körpertemperatur, welche nur gelegentlich einmal eine Tendenz zum Sinken aufwies.[1])

RICHTER sieht die ganze Frage der thermo-regulatorischen Rindencentra recht skeptischen Auges an, da wir hier keine so gesetzmäßigen Erscheinungen vorfinden, wie bei der Reizung und Zerstörung der motorischen Rindencentra. Ein Ansteigen der Körpertemperatur nach Einstichen in den Nucleus caudatus beobachtete er auch, aber nicht sogleich nach dem Einstiche, sondern erst nach Ablauf von 3—24 Stunden, wobei die Körpertemperatur am andern Tage wieder normal gefunden wurde. Die Erhöhung der Temperatur ging aber nicht über 41,8° C hinaus.

Einen Zusammenhang der Gehirncentra mit den spinalen thermoregulatorischen Centren läßt RICHTER nichtsdestoweniger gelten.[2])

Nun aber verkleinern diese unbestimmten bezw. negativen Befunde gewiß in keiner Weise den Wert der vorhin mitgeteilten positiven Nachweise.

Außerdem fehlt es nicht an Tatsachen, welche das Bestehen eines Einflusses der Rindencentra auf die Körpertemperatur über jeden Zweifel erheben.

So z. B. haben DAWY und später auch GLEY darauf hingewiesen, daß geistige Tätigkeit von einem Ansteigen der Körpertemperatur begleitet wird.

Schon das Eintreffen einer angenehmen Nachricht führt, wie MOSSO mitteilt, zu einem etwa 4 Stunden dauernden Ansteigen der Körpertemperatur um 0,2° C.

Selbst ein Revolverschuß erhöht, wie spezielle Versuche dartaten, die Körpertemperatur des Hundes auf mehrere Stunden um 0,5—1,1° C. Bei den Jagdhunden, welche daraufhin untersucht wurden, steigerte der bloße Anblick des Wildes die Körpertemperatur um 1,1° C.

---

[1]) ARONSOHN und SACHS, Die Beziehungen des Gehirns zur Körperwärme und zum Fieber. Pflügers Archiv 1885, Bd. 36.

[2]) RICHTER, Experimentaluntersuchungen über Antipyrese usw. Inaug.-Diss. Berlin 1891.

3. Pathologische Zustände.

Es können ganze Reihen klinischer Tatsachen namhaft gemacht werden, welche die Existenz thermischer Rindencentra bezeugen.

Wir wissen gegenwärtig, daß bei Hysterischen eine hochgradig gesteigerte Körpertemperatur ohne jegliche Störungen an den inneren Körperorganen vorkommen kann. Dieses rein nervöse Fieber tritt bei irgend einer Gelegenheit unter dem Einflusse bestimmter psychischer Momente, aber ohne jeden äußeren Anlaß in diesen Fällen auf.

Über drei Fälle von emotionellem Fieber berichten Toulouse und Vurpas. Dieses Fieber hielt in sämtlichen drei Fällen 24 Stunden an und war noch vorhanden, als der Erregungszustand bereits nachgelassen hatte.[1]

Im Verlaufe vieler Geisteskrankheiten werden die eintretenden Veränderungen der Körpertemperatur augenscheinlich ebenfalls durch pathologische Zustände der Gehirncentra und besonders der kortikalen Centra bedingt. Ich berufe mich in dieser Beziehung auf meine diesen Gegenstand hoffentlich erschöpfende Darstellung.[2] Hingewiesen sei hier nur auf das eine, daß die Körpertemperatur bei den verschiedenen Geisteskrankheiten sehr mannigfaltige Veränderungen ganz unabhängig von dem Zustande der inneren Körperorgane aufweist. In einigen Fällen beobachtet man sogar ein überaus auffallendes Ansteigen der Körpertemperatur und dabei in offenbarem Zusammenhange mit Veränderungen der psychischen Sphäre. In anderen Fällen von Geisteskrankheiten ist umgekehrt eine abnorm niedrige Körpertemperatur zu beobachten. Ich habe außerdem dargetan, daß im Verlauf der Geisteskrankheiten nicht nur bestimmte Veränderungen der peripheren Körpertemperatur auftreten, sondern häufig auch ziemlich beträchtliche Differenzen der Temperatur beider Körperhälften vorübergehender oder dauernder Art zu bemerken sind.

Außerdem trifft man, wie aus meinen kalorimetrischen Befunden hervorgeht, bei Geisteskranken mehr oder weniger hochgradige Veränderungen sowohl der Wärmebildung, als auch der Wärmeabgabe. In einigen Fällen besteht, namentlich bei den Idioten und Schwachsinnigen, zuweilen eine erstaunliche Inkonstanz der inneren Körpertemperatur, erklärbar durch Störungen der Regulation der Körperwärme.

Andererseits bezeugen zahlreiche Beobachtungen, daß bei der progressiven Paralyse der Irren, welche sich pathologisch-anatomisch in erster Linie in chronisch-entzündlichen Prozessen der Meningen und der Rindenregion äußert, zu Zeiten ein vorübergehendes Ansteigen der Körpertemperatur stattfindet, welches höchstwahrscheinlich durch centrale Veränderungen bedingt wird.

Man kennt aber auch Fälle von lokalisierten Affektionen der Gehirnrinde, wo sowohl hochgradige Veränderungen der peripheren Körpertemperatur, als auch Veränderungen der inneren Körpertemperatur auftreten.

---

[1] Toulouse et Vurpas, Comptes rendus de la soc. de biologie LVI, 1904.

[2] W. Bechterew, Über die Körpertemperatur bei einigen Formen von Geisteskrankheiten. St. Petersburg 1881.

Wie mir scheint, habe ich zuerst nach dieser Richtung hin instruktive Belege geliefert.

In dem einen Fall, den ich mitteilte, handelte es sich um einen Kranken mit einer traumatischen Affektion der linken Parietalregion unter Aufhebung der Integrität der Schädeldecken. Die eine Schädelwunde entsprach der dritten Stirnwindung, die zweite querte beide Centralwindungen und endigte am Orte des Gyrus supramarginalis.

Im ersten Augenblicke nach dem Trauma verlor der Kranke das Bewußtsein, späterhin bestand eine Zeit lang getrübtes Bewußtsein. Von objektiven Störungen bemerkte man in der ersten Zeit Kontrakturen, Krämpfe und starken Tremor der rechten Extremitäten, eine deutlich ausgeprägte Sprachstörung, Incontinentia alvi et urinae.

Bei diesem Kranken fühlte sich die ganze rechte Körperhälfte viele Wochen lang merklich wärmer an; der rechte Arm erschien im Vergleich zum linken sogar lebhafter gefärbt und mit Schweiß bedeckt.

Bei der Messung der peripheren Körpertemperatur ergab sich zwischen beiden Seiten eine Differenz von 1°—3° C.

Was die innere Körpertemperatur betrifft, so war sie ein wenig herabgesetzt, doch schwankte sie außerordentlich und in unregelmäßiger Weise. Dieses Verhalten in Verbindung mit der Veränderung der peripheren Körpertemperatur war bei dem Kranken leicht auf Störungen der Wärmeregulation zurückführbar.

Der zweite von mir mitgeteilte Fall betrifft ebenfalls eine traumatische Verletzung des Schädels und Gehirns durch den Schlag eines Pferdehufes. Beschädigt waren dabei die allerhintersten Abschnitte sämtlicher drei Stirnwindungen der linken Gehirnhemisphäre. Die Patientin hatte von Zeit zu Zeit Anfälle partieller Rindenepilepsie, bestehend in Krämpfen der rechten Gesichtshälfte, des rechten Armes und des rechten Beines mit Deviation der Augen und des Kopfes nach der Seite der Krämpfe. Nach einer Reihe solcher Anfälle wurde die Patientin aphasisch unter Auftreten einer rechtsseitigen Paralyse, welche jedoch mit der Zeit allmählich verschwand.

Während des Bestehens dieser Lähmung hatte Patientin ohne erkennbare Ursachen Temperatursteigerungen bis zu 38° und 39,1°, welche nachließen, als die Lähmung zurücktrat. Der Zusammenhang der Gehirnverletzung mit der Steigerung der Körpertemperatur war in diesem Fall mehr als augenscheinlich; es bestand kein Zweifel, daß die Rindengebiete, welche von den motorischen Centren okkupiert sind, gleichzeitig auch vasomotorische und thermoregulatorische Funktionen erfüllen.

Einen nicht minder instruktiven Fall schilderte PAGE. Bei einem Kranken mit Schädelfraktur in der Gegend des hinteren Abschnittes des Schläfenlappens beobachtete man Temperaturen bis zu 105° F bezw. $41^2/_3$° C ohne irgend welche Störungen der somatischen Funktionen. — Nach erfolgter Trepanation am Orte der Fraktur wurde die Körpertemperatur wieder normal.[1])

Bemerkenswert erscheint hier ferner eine ältere Beobachtung BILL-

[1]) PAGE, Lancet 1887, 2. Jan.

ROTH's, wo es sich um Erhöhung der Körpertemperatur auf 40,9° C nach Verletzung der Schädeldecken handelte.[1])

WHITE teilte folgenden Fall mit: Jemand hatte eine Schädelverletzung durch eine Revolverkugel erhalten, die nachher aus den Schädeldecken entfernt wurde. Nach der Schußverletzung fand man bei dem Kranken Bewußtlosigkeit, Erweiterung der rechten und Verengerung der linken Pupille, die nicht reagierte. Nach Extraktion der Kugel Temperatur 99,2° F = 31 $^1/_3$° C; schon nach einigen Stunden stieg die Temperatur jedoch auf 104,2° F = 40 $^1/_9$° C; vor dem Tode, welcher 12 Stunden nach der Verletzung eintrat, betrug die Temperatur 104,4° F = 40 $^2/_9$° C.

Bei der Sektion erwies sich die Dura mater unverletzt, aber die graue Substanz der dritten Stirnwindung und der umgebenden Teile im Gebiete der ROLANDO'schen Furche war zerstört. Andere wichtige Veränderungen fand man nicht vor.[2])

In einem von BLAKE erzählten Fall handelte es sich um einen Kranken, in dessen rechter Scheitelgegend ein in den Schädel hineingetriebener Nagel saß. Der Mann war bei vollem Bewußtsein und ging umher; am anderen Morgen waren die Bewegungen jedoch erschwert, es bestand Spannung der Muskeln und Somnolenz. Als man am dritten Tage den Nagel auffand, entfernte man ihn sofort. Er hatte eine Länge von 8 $^1/_5$ Zoll und einen Durchmesser von $^3/_{12}$ Zoll. Der Kranke war aphasisch, antwortete aber durch Gesten. Atmung verlangsamt, Puls 94, Temperatur 103° F = 39 $^7/_9$° C. Am vierten Tag Puls 98, Temperatur 104° F = 40° C, das Schlucken erschwert, schwache Krämpfe der linken Körperhälfte. Am fünften Tage Krämpfe, Temperatur 103 $^3/_5$° F = 39 $^7/_9$° C, Puls noch mehr beschleunigt, Temperatur gesunken, am sechsten Tage Exitus letalis. — Sektionsbefund: Der Nagel hatte die Gegend vor der ROLANDO'schen Furche und das Corpus callosum zerstört und mit seiner Spitze das Corpus striatum berührt.[3])

RIPPING betrachtete den Gyrus fornicatus als thermisch wirksame Rindenregion des Menschen. Er stützte diese Auffassung auf einen Fall von Tumor im Bereiche dieser Windung, in welchem bei der Temperaturmessung im äußeren Gehörgang und in der Ellenbeuge eine 0,2°—0,4° C betragende Temperaturdifferenz zwischen beiden Seiten bestand. — Infolgedessen war die Neubildung in RIPPING's Fall so ausgedehnt, daß naturgemäß auch die subkortikale Faserung der Parietalregion in Mitleidenschaft gezogen sein mußte. Außerdem sind Neubildungen infolge ihrer Allgemeinwirkungen auf die Gehirnfunktionen kein geeignetes Material zur Lösung von Lokalisationsfragen.

Es scheint mir daher nicht hinreichend begründet, einzig und allein auf diese Beobachtung eines Falles von Gehirntumor hin die Annahme einer thermischen Funktion des Gyrus fornicatus zu erschließen. — Immerhin hat auch der von RIPPING mitgeteilte Fall eine gewisse Bedeutung als Beleg für den Einfluß kortikaler Affektionen auf die Körpertemperatur.

Von sonstigen klinischen Beobachtungen, die diesen Gegenstand

---

[1]) BILLROTH, Langenbeck's Archiv 1862.
[2]) ISAAC OTT, Heat centres in man. Brain, 1889, t. XI.
[3]) BLAKE, Philadelphia Med. Times, 1888.

betreffen, gedenke ich hier ferner der Mitteilungen von Rossolymo[1]) und Friedländer-Schlesinger.[2])

Die Literatur liefert übrigens noch eine Menge anderes Beweismaterial für die thermischen Wirkungen der Gehirnrinde. Allein schon die hier mitgeteilten Fälle genügen zur Sicherstellung des Satzes, daß die Gehirnrinde des Menschen ebensogut wie die Gehirnrinde der Tiere unter normalen und pathologischen Verhältnissen thermoregulatorische Wirkungen entfaltet.

Fragt man nun nach der Lokalisation der Rindenregionen, welche speziell zu den thermoregulatorischen Funktionen in Beziehungen stehen, so deuten die obigen Befunde zwar auf recht verschiedene Rindenstellen hin, deren Reizung oder Zerstörung thermische Wirkungen nach sich zieht; es scheint aber, daß von allen Teilen der Gehirnrinde gerade die sensitiv-motorische Zone, welche die parietalen, centralen und hinteren frontalen Rindenfelder umfaßt, in thermoregulatorischer Beziehung am meisten wirksam sind.

Wenn die Möglichkeit eines thermischen Einflusses der hinteren und vorderen Rindenregionen nicht gerade direkt auszuschließen ist, so wird man unter allen Umständen nicht fehl gehen, wenn man annimmt, daß der sensitiv-motorischen Zone der Gehirnrinde in thermoregulatorischer Hinsicht die oberste Rolle zufällt.

4. Kritische Betrachtung des Befundmateriales über die thermischen Funktionen der Gehirnrinde.

Auf den Wärmehaushalt kann die Gehirnrinde bekanntlich in zweifacher Weise einwirken: entweder dadurch, daß sie die Gefäße der Körperperipherie beeinflußt, welche die Wärmeabgabe regulieren, oder dadurch, daß Veränderungen des Gewebschemismus und somit der Wärmebildung herbeigeführt werden.

Im ersten Fall haben wir es mit einer thermoregulatorischen, im zweiten mit einer thermogenerativen Wirkung zu tun.

Alle Befunde nun, welche über den Einfluß der Gehirnrinde auf die Körpertemperatur beigebracht sind, müssen ihrem Wesen nach von diesen beiden Gesichtspunkten aus beurteilt werden. Man muß sich dabei aber daran erinnern, daß jede Steigerung der Wärmeabgabe, infolge der gegenseitigen regulatorischen Wechselwirkung der Reflexcentra, auch zu einer lebhafteren Wärmebildung führt, und umgekehrt wird jede Verminderung der Wärmeabgabe zum Anlaß einer auf reflektorischem Wege eintretenden Herabsetzung der Wärmeproduktion im Organismus. Man ersieht daraus, daß in den Fällen, wo wir es mit bestimmten Veränderungen der Wärmeabgabe und mit entsprechenden Veränderungen der Wärmeproduktion im Organismus zu tun haben können, wir diese letztere nicht auf einen direkten thermogenerativen Einfluß der Gehirnrinde beziehen dürfen, da sie auch in Veränderungen der Wärmeabgabe ihren Grund haben kann.

---

[1]) Rossolymo, Zur symptomat. u. chirurg. Behandlung einer eigent. Großhirncyste. Centralbl. f. Nervenheilk. 1895, H. 1—2.

[2]) Friedländer und Schlesinger, Über die chirurg. Behandlung der Hirnsyphilis. Grenzgebiete d. Med. u. Chir. 1898, Bd. 3.

Was nun speziell die thermoproduktiven Wirkungen der Gehirnrinde betrifft, so können sie, ihrem Wesen nach auf Veränderungen des Chemismus der Körpergewebe beruhend, bedingt sein durch einen direkten oder indirekten Einfluß der Gehirnrinde auf Organe, welche am lebhaftesten die Wärmeproduktion unterhalten, also vor allem auf die Muskeln und Drüsen.

Für die Bedeutung der Gehirnrinde als thermoregulatorisches Centrum zeugen in unzweifelhafter Weise alle jene Tatsachen und Beobachtungen, welche auf einen direkten Einfluß der Gehirnrinde auf die peripheren Körpergefäße und somit auf die periphere Körpertemperatur hinweisen.

Die Wirkungen der Gehirnrinde sind nach dieser Richtung hin am Menschen sowohl, als auch im Tierexperiment genauer verfolgt worden in einer so großen Anzahl von Fällen, daß gegenwärtig wohl niemand irgend einen Zweifel hegt an der Bedeutung der Gehirnrinde für die peripheren Körpergefäße und somit für die Regelung der Wärmeabgabe, deren Veränderungen notwendigerweise entsprechende Veränderungen der Körpertemperatur nach sich ziehen.

Was die Frage nach dem direkten Einfluß der Gehirnrinde auf die Wärmeproduktion, also ihre spezifisch thermoproduktiven Wirkungen betrifft, so sind dafür unzweifelhafte Beweise nur in dem Falle beizubringen, wenn bestimmte durch Rindenaffektionen bedingte Veränderungen der inneren Körpertemperatur nicht auf entsprechende Veränderungen der Wärmeabgabe zurückführbar erscheinen.

Wenn in dieser Beziehung das vorhandene experimentelle und klinische Befundmaterial noch weitaus nicht vollständig genannt werden darf, so muß man dennoch im Hinblick auf das gesamte literarische Material und auf Grund einer Reihe klinischer Beobachtungen, unter denen ich auch meine eigenen im Auge behalte, zu dem Schluß kommen, daß die Gehirnrinde wie es scheint nicht nur thermoregulatorische, sondern auch thermoproduktive Wirkungen ausübt. Diese thermoproduktiven Wirkungen können sowohl durch Beeinflussung des Muskelsystems, als auch durch Beeinflussung der Funktion der großen Körperdrüsen zu Stande kommen.

Wir wissen bereits aus dem Früheren, daß die motorische Zone der Gehirnrinde einen direkten Einfluß auf den Muskeltonus im Sinne einer Hemmung desselben ausübt. Daher können Läsionen der Gehirnrinde, indem sie zu einer Erhöhung des Muskeltonus führen, schon dadurch allein ein Ansteigen der inneren Körpertemperatur bewirken.

Andererseits können irritative Affektionen der Gehirnrinde in Gebieten, welche zu der Funktion der großen Körperdrüsen in Beziehungen stehen, durch die Steigerung der Tätigkeit dieser Drüsen die Wärmeproduktion vermehren. Natürlich wird die innere Körpertemperatur dann am lebhaftesten steigen, wenn der Zustand gesteigerter Wärmebildung, sei es bei erhöhter Drüsentätigkeit oder lebhaftem Muskeltonus, mit Zuständen verminderter Wärmeabgabe als Folge einer durch den gleichen Gehirnprozeß bedingten Zusammenziehung der peripheren Körpergefäße zusammenfällt.

Da die Gehirnrinde auf den Muskeltonus in umgekehrtem Sinne wirkt, als auf die Drüsentätigkeit, indem sie jenen herabsetzt und diese steigert, so wird es ohne weiteres verständlich, daß ihrer Natur und

ihrer Lage nach verschiedene Affektionen der Gehirnrinde einen sehr ungleichen Einfluß auf die Körpertemperatur ausüben, und dies um so mehr, als die Gehirnprozesse auf die Lichtung der peripheren Körpergefäße, welche ihrerseits bestimmte Zustände der Wärmeabgabe bedingt, sowie auf die Atmung und Herztätigkeit ebenfalls einen weitaus nicht gleichen Einfluß in verschiedenen Fällen haben.

Schon unter normalen Verhältnissen können die Impulse, welche von der Gehirnrinde ausgehen, selbstverständlich auf sehr verschiedenen Wegen auf die Wärmeökonomie des Organismus zur Wirkung gelangen, indem sie entweder den Muskeltonus verändern und die Tätigkeit der Muskeln anregen, die Funktion der Drüsen steigern oder herabsetzen, die Lichtung der Hautgefäße vergrößern oder vermindern, die Herztätigkeit und die Atmung verändern.

Aus allen diesen Darlegungen ergibt sich ohne weiteres der Schluß, daß die Centra der Gehirnrinde den Wärmehaushalt des Organismus regulieren sowohl auf Grund von Veränderungen der Wärmeabgabe, als im Wege von Veränderungen der Wärmeproduktion.

Die Art und Weise, wie die Gehirnrinde die Vorgänge der Wärmebildung durch Veränderungen des Chemismus der Körpergewebe beeinflußt, beleuchten u. a. neuere Befunde von Medica und Andemino. Zufolge den Experimenten dieser Autoren, welche an Hunden ausgeführt wurden, bewirkt die Zerstörung der Stirnlappen vor dem Sulcus cruciatus (Rolando'sche Furche):

1. eine Verminderung des Stickstoffgehaltes des Harns,
2. eine Abnahme der Gesamtmenge der Phosphate, und
3. eine Abnahme der Menge der Erdphosphate bis zu vollständigem Schwunde derselben in der postoperativen Periode.[1])

Wurden in diesen Fällen die Stirnlappen an ihren anatomischen Grenzen, d. h. vor dem Sulcus cruciatus gereizt, dann liegt Grund zu der Annahme vor, daß nicht eigentlich die Regio praefrontalis jene Veränderungen des Stoffwechsels bewirkt haben konnte, sondern der vor dem Sulcus cruciatus (bezw. Sulcus Rolando) befindliche Teil der motorischen Zone der Gehirnrinde.

IX.

Die trophischen Funktionen der Gehirnrinde.

Damit kommen wir zugleich zu dem Gebiet der trophischen Wirkungen der Vorderhirnrinde auf die Körpergewebe.

Das Vorhandensein solcher trophischer Rindenwirkungen ist schon mehreren Beobachtern aufgefallen.

Reinhold z. B. schildert einen Fall, wo in Zuständen psychischer Erregung Ikterus und gleichzeitig Glykosurie vorhanden waren.[2])

Lannegrace betonte besonders die trophischen Folgeerscheinungen von Läsionen der Gehirnrinde.[3])

---

[1]) Medica e Andemino, Arch. di psychiatria etc. Vol. XXII, fasc. IV—V.
[2]) Reinhold, Die Deutsche Klinik. Berlin-Wien 1904, H. 697.
[3]) Lannegrace, a. a. O.

Weitaus gewichtigere Belege für die trophischen Wirkungen der Gehirnrinde liefert uns aber die klinische Erfahrung. In dieser Beziehung gewinnen vor allem die Beobachtungen über sog. cerebrale Amyotrophien Bedeutung.

Die Pathogenese dieser cerebralen Amyotrophien gehört übrigens noch zu den strittigen Fragen der Neuropathologie. Neuere Beobachtungen lehren, daß die cerebrale Amyotrophie sich nicht entsprechend dem Grade der bestehenden Paralyse ausbildet, nicht selten ohne Kontrakturen verläuft, zuweilen sehr lebhaft ausgesprochen ist, stets der einfachen, nicht der degenerativen Form der Atrophie angehört und in auffallendster Weise meist in der 8.—10. Woche nach dem Beginn der Gehirnaffektion sich bemerkbar macht, worauf sie entweder stationär bleibt oder allmählich bis zu vollständigem Schwunde nachläßt.

Diese Frühatrophie ist genau zu unterscheiden von der Spätatrophie. Diese entwickelt sich ganz allmählich, erreicht nicht so hohe Grade der Ausbildung und beruht zumeist auf der Inaktivität eines Gliedes: sog. Inaktivitätsatrophie.

Eine andere Genese hat die cerebrale Frühatrophie.

Nach der Ansicht einiger Beobachter handelt es sich dabei im wesentlichen um eine spinale Amyotrophie, welche dadurch bedingt erscheint, daß infolge der Degeneration des cerebralen motorischen Neurons eine Entartung des funktionell mit ihm verbundenen peripheren motorischen Neurons eintritt. Einen analogen Fall soll angeblich die tabetische Amyotrophie darstellen (Charcot [1]), Joffroy, Achard [2]), Schäffer u. A.).

Andere Autoren jedoch denken hier an eine Affektion bestimmter Gehirncentra (Senator [3]), Eisenlohr [4]), Quincke [5]), Borgherini [6]), Steiner [7]), Popov. [8])

Manche, wie Quincke und Borgherini, haben die Hypothese des trophischen Einflusses der Gehirnrinde eingehend entwickelt. Da die Bewegungen bei den cerebralen Amyotrophien nicht selten noch in hinreichendem Grade erhalten sind, so wird hierdurch jeder Gedanke an eine Inaktivitätsatrophie hinfällig. Und da bei der Sektion derartiger Fälle Veränderungen der Vorderhornganglien, in einzelnen Fällen auch Veränderungen der Pyramidenbahn vermißt wurden, so muß daraus geschlossen werden, daß die Atrophie nicht durch eine spinale Affektion bedingt sein kann. Quincke nimmt daraufhin an, daß es sich hierbei

---

1) Charcot, Leçons sur les maladies du syst. nerv. Paris 1874. — Leçons sur les localisations cérébrales 1876.

2) Joffroy et Achard, Contribution à l'étude de l'atrophie musculaire chez les hémiplegiques. Arch. de méd. expérim. etc. 1891.

3) Senator, Zur Diagnose der Hirnerkrankungen. Berl. klin. Wochenschr. 1874.

4) Eisenlohr, Beiträge zur Hirnlokalisation. D. Zeitschr. f. Nervenheilk. 1892.

5) Quincke, Über Muskelatrophie bei Gehirnerkrankungen. D. Zeitschr. f. klin. Med. 1888, Bd. 42. — Über cerebrale Muskelatrophie. D. Zeitschr. f. Nervenheilk. 1893.

6) Borgherini, Über die frühzeitige Muskelatrophie bei cerebralen Lähmungen. Arch. f. klin. Med. 1889. — Neurol. Centralbl. 1890.

7) Steiner, Über die Muskelatrophie bei der cerebralen Hemiplegie. D. Zeitschr. f. Nervenheilk. 1892.

8) N. M. Popov, Muskelatrophie bei Gehirnleiden. Nevrolog. vêstn. 1899, Bd. 3, H. 1.

um eine trophische Wirkung der Gehirnrinde und wahrscheinlich auch der subkortikalen Ganglien auf die Muskeln handelt und zwar vollziehe sich diese Wirkung durch Vermittlung der spinalen Vorderhörner. Die Ernährung der Muskeln kann dabei selbst in dem Falle alteriert sein, wenn die Gehirnaffektion nur funktioneller Art war und wenn selbst mikroskopisch Veränderungen der Zellen des Rückenmarkes nicht nachweisbar sind. — Die Annahme, daß die trophischen Centra und Bahnen von den motorischen Centren und Bahnen getrennt liegen bezw. verlaufen, soll uns erklären, warum bei den cerebralen Leitungen in dem einen Fall Atrophie auftritt, in einem andern nicht.

Das ungleiche Verhalten der sensiblen Störungen in Fällen cerebraler Lähmungen schließt auch die Annahme aus, daß die trophischen Leitungen zusammen mit den sensiblen verlaufen, wenn manche Befunde auch auf eine Nachbarlage beider hinweisen.

Kirchhoff z. B. spricht, wie früher erwähnt wurde, sehr eingehend von dem Verlauf der cerebralen trophischen Leitungen, welche er in der motorischen Zone der Gehirnrinde, im Nucleus caudatus und im Putamen lokalisiert.

Monakow hinwiederum macht darauf aufmerksam, daß bei bestehender cerebraler Amyotrophie auch Sensibilitätsstörungen auftreten und daß der Erkrankungsherd in solchen Fällen fast immer sehr ausgedehnt ist; das Wesen der Sache bilde daher der gleichzeitige Ausfall motorischer, sensibler und vasomotorischer Leitungen.

Roth und Muratoff führen die Genese der Muskelatrophie bei cerebralen Affektionen auf vasomotorische Veränderungen zurück, welche durch eine Erregung der Vasokonstriktoren oder durch eine Hemmung der Vasodilatatoren bedingt sein sollen[1]), eine Auffassung, welche Muratoff später übrigens fallen läßt.

Kornilov dagegen vermutete eine atrophische Genese der cerebralen Amyotrophie; sie soll nach seiner Ansicht abhängen von Arthropathien, welche im Verlaufe der Gehirnerkrankung auftreten.[2])

Auch Gilles de la Tourette vertritt einen analogen Standpunkt.[3])

Die Literatur über cerebrale Amyotrophie ist von mir bei einer früheren Gelegenheit[4]) eingehend dargestellt worden. — Daselbst teile ich auch eine Reihe eigener Beobachtungen über diesen Gegenstand mit.

Unter allen diesen Hypothesen hat nun die Voraussetzung spezifisch-trophischer Centra in der Vorderhirnrinde wohl am wenigsten für sich.

Wenn die vorhandenen Tatsachen nicht dazu berechtigen, an der Annahme besonderer trophischer peripherer Nerven festzuhalten, wie soll man dann die Existenz besonderer trophischer Centra und Leitungen in der Gehirnrinde wahrscheinlich machen? — Diese Hypothese, welche übrigens nur die Befunde umschreibt, rechnet offenbar gar nicht mit dem Umstand, daß man sich in letzterer Zeit in höchst unfruchtbarer Weise um den Nachweis der trophischen Nerven bemüht hat und

---

[1]) Roth et Muratoff, Archives de Neurologie, Vol. 21.

[2]) A. Kornilov, Muskelatrophie bei Gelenkleiden. Verhandl. des V. Kongr. Russ. Ärzte 1894.

[3]) Gilles de la Tourette, Pathogénie et prophylaxie de l'atrophie musculaire. Nouv. Iconographie 1897, Nr. 4.

[4]) W. Bechterew, Nervenkrankheiten in Einzelbeobachtungen. St. Petersburg 1899.

daß es daher nicht angeht, wiederum zu der gleichen Hypothese zurückzukehren, ohne daß neue Tatsachen vorliegen, welche eine andere Beleuchtung der Frage gestatten würden. Außerdem erfordert diese Hypothese die Voraussetzung besonderer dynamischer Veränderungen der Vorderhornganglien, welche Veränderungen Wochen und Monate und in manchen Fällen noch länger dauern und zu so groben Störungen der Muskelernährung führen müssen, daß Atrophie eintritt. — Eine solche Auffassung, die keinerlei tatsächliche Grundlage hat, wird aber gegenwärtig kaum jemanden befriedigen können, zumal die moderne histologische Technik uns eine ganze Reihe feinerer Veränderungen des Nervengewebes aufdeckt.

Will man andererseits an der Annahme besonderer, durch den cerebralen Prozeß bedingter dynamischer Veränderungen der Vorderhornganglienzellen festhalten, dann bieten sich der Erklärung der uns hier beschäftigenden Erscheinungen neue Schwierigkeiten dar.

Wir wissen, daß organische Veränderungen der Vorderhornganglien zu sog. degenerativer Muskelatrophie führen, d. h. zu einer Atrophie, welche mit körnig-fettiger Entartung der Muskelfasern verläuft und sich klinisch in der Anwesenheit der sog. elektrischen Entartungsreaktion äußert. Offenbar sollten auch dynamische Störungen der Funktion dieser Ganglien zu keiner anderen Atrophieform führen, denn hier wie dort haben wir es mit dem gleichen Endresultat zu tun, d. h. mit einem Ausfall bezw. einer Abschwächung der Zelltätigkeit, nur daß in dem einen Fall organische Störungen, in dem anderen Fall eine funktionelle Hemmung dies bewirken. Für die cerebrale Amyotrophie dagegen ist es gerade charakteristisch, daß es sich dabei nicht um degenerative, sondern stets um einfache Atrophie handelt und daß sie nie mit Erscheinungen von Entartungsreaktion verbunden ist.

Man findet aber ferner auch keine klinischen Anzeichen einer Hemmung der Funktion der Vorderhornganglien. Denn in diesem Fall müßte die Paralyse eine schlaffe und von einer Herabsetzung der Reflexe begleitet sein. Bei den cerebralen Amyotrophien beobachtet man jedoch häufig Rigidität der Muskeln und eine für cerebrale Paralysen gewöhnliche Erhöhung der Reflexe.

Alle diese Erwägungen reichen, wie mir scheint, vollkommen hin, um die trophische Hypothese abzuweisen als eine Auffassung, welche jeder tatsächlichen Begründung entbehrt.

Daß im Anschlusse an die einfache sekundäre Atrophie der spinalen Vorderhornganglien bei entsprechendem Faserausfall im Bereiche der vorderen Wurzeln und der motorischen peripheren Nerven konsekutive trophische Veränderungen des Muskelgewebes Platz greifen können, ist trotzdem natürlich nicht ausgeschlossen. Es ist sogar wahrscheinlich, daß die späten Muskelatrophien bei den cerebralen Paralysen in erster Linie gerade auf einer solchen sekundären Atrophie der motorischen Zellen der Vorderhörner des Rückenmarkes beruhen, welche sich konsekutiv im Anschluß an die bestehende Degeneration der cerebralen motorischen Leitungen ausbildet.

Wenig Beachtung verdient nach meiner Ansicht auch die vorhin erwähnte arthropathische Hypothese. Auch sie steht ja nicht auf dem Boden der Tatsachen. Die äußerliche Ähnlichkeit der cerebralen und arthropathischen Amyotrophie (Kornilov) und die häufige Coincidenz

beider ist noch kein Grund zur Aufstellung einer derartigen Hypothese. Ich beobachtete und demonstrierte in meinen Vorlesungen Fälle cerebraler Amyotrophien, wo eine voraufgehende Arthropathie der Beine nicht vorhanden war.

Auf diesen Umstand sind auch andere Beobachter aufmerksam geworden (Popov)[1]) und es sprechen diese Fälle ganz entschieden gegen die Richtigkeit der arthropathischen Hypothese.

Da das gesteigerte Wachstum des Unterhautzellgewebes ein integrierendes Symptom der arthropathischen Amyotrophie bildet, glaubt Kornilov, daß das gleiche Symptom auch für cerebrale Amyotrophien charakteristisch sein soll. In Wirklichkeit aber gehört die Erscheinung in diesen Fällen weitaus nicht zur Regel und wird nicht selten vollständig vermißt. Auch in dieser Beziehung erweist sich also die arthropathische Hypothese als unhaltbar.

Was nun die Hypothese betrifft, welche die Erscheinungen der cerebralen Amyotrophie auf eine sekundäre Degeneration der Vorderhornganglien des Rückenmarkes zurückführt, so stützt sie sich zwar auf einzelne Fälle, wo tatsächlich eine sekundäre Atrophie dieser Ganglienzellen vorhanden war; ihr steht aber eine Reihe anderer Fälle von cerebralen Amyotrophien entgegen, wo bei sehr sorgfältiger Untersuchung irgend welche Veränderungen der Zellen der spinalen Vorderhörner nicht nachgewiesen werden konnten. Zudem tritt die cerebrale Amyotrophie bisweilen so früh auf, daß kein Grund vorliegen kann, in diesen Fällen an eine Ausbreitung des Degenerationsprozesses auf die Vorderhornganglien zu denken. Man kennt z. B. Fälle, wo solche Atrophien im Verlaufe weniger Tage sich ausbildeten (Senator[2]), Borgherini).[3])

Auch gibt es Fälle, wo die motorischen Ausfallserscheinungen recht gering sind, und trotzdem eine hochradige cerebrale Amyotrophie besteht. Das ganze Gebiet der Fissura Sylvii soll in diesen Fällen, wie Monakow behauptet[4]), in Mitleidenschaft gezogen sein.

Endlich erscheint ein direkter trophischer Einfluß der Gehirnrinde auf die Körpermuskulatur aus dem Grunde nicht annehmbar, weil die Atrophie keineswegs im Maße der Muskelparalyse fortschreitet. Es ist gerade umgekehrt bekannt, daß bei den Hemiplegien stets die distaleren Teile der Extremitäten mehr von der Paralyse ergriffen werden, als die proximalen. Die Atrophie dagegen betrifft am stärksten die Schulter- und Oberarm-, sowie die Hüft- und Oberschenkelmuskulatur und prägt sich viel weniger an den entlegeneren Gebieten der beiden Extremitäten aus.

Im Hinblicke auf diese Verhältnisse, sowie auf die Tatsache, daß wir bei der cerebralen Amyotrophie in vielen Fällen mehr oder weniger deutlich ausgesprochene vasomotorische Störungen antreffen können, war ich geneigt, die cerebrale Amyotrophie auf die Wirkung vasomotorischer Störungen zurückzuführen und äußerte mich auch gelegentlich

---

[1]) N. M. Popov, Muskelatrophien bei Cerebralleiden. Nevrolog. vêstn. 1899, Bd. 7, H. 1.

[2]) Senator, Berl. Klin. Wochenschr. 1879.

[3]) Borgherini, Arch. f. klin. Med. 1899, Bd. 45.

[4]) Monakow, Gehirnpathologie. Nothnagels Handb. d. spez. Pathologie u. Therapie.

in diesem Sinn.[1]) Nachdem ich dann mehrfach geeignete Fälle von cerebraler Amyotrophie mit charakteristischen, vasomotorischen Störungen zu demonstrieren Gelegenheit hatte, behandelte ich meinen hierbezüglichen Standpunkt in einer besonderen Arbeit.[2])

In neuerer Zeit ist die von mir vertretene vasomotorische Theorie der cerebralen Amyotrophien durch Luzatto (auf Grund von Beobachtungen in der Poliklinik Oppenheim's) unterstützt worden. Er kommt bezüglich der vasomotorischen Atrophie zu dem Schluß, daß auch die cerebralen Amyotrophien viel eher in vasomotorischen Veränderungen ihre Erklärung finden möchten. Zu Beweise dafür beruft er sich auf Fälle solcher Atrophie, welche mit vasomotorischen Störungen verliefen. — Meine eigene Auffassungsweise dieses Gegenstandes scheint ihm aber entgangen zu sein.

Zwei hierhergehörige Beobachtungen werden von Luzatto mitgeteilt. So einfach ist die Sache offenbar aber nicht, als man vielleicht meinen sollte, in der Voraussetzung, daß es sich bei den cerebralen Amyotrophien um einen Gefäßspasmus handele, welcher den Einfluß von Nährmaterial zu den Muskeln einschränke. Als Beweis gegen diese Auffassungsgabe können wenigstens für bestimmte Fälle die Angaben von Borgherini geltend gemacht werden, welcher die Bedeutung vasomotorischer Störung für die Genese der Muskelatrophie in Abrede stellt, da in seinem Falle die Gefäßreaktion auf beiden Seiten annähernd gleich stark ausgeprägt war.[3])

Andererseits ist in gewissen Fällen das Fehlen der Atrophie konstatiert worden, obgleich vasomotorische Störungen vorhanden waren.[4])

Ferner fand Preobraženski bei Hemiplegikern nicht eine Zusammenziehung, sondern eine Dilatation der Gefäße auf der gelähmten Seite.

Mit Rücksicht auf alle diese Erfahrungen kann ich ungeachtet der relativ großen Häufigkeit vasomotorischer Störungen bei den cerebralen Paralysen die von Roth und Muratov aufgestellte Hypothese nicht teilen, wonach die Erscheinungen der cerebralen Amyotrophie auf einer Erregung der Vasokonstriktoren bezw. auf einer Lähmung der Vasodilatatoren beruhen soll. Gegen diese Auffassung spricht auch die Tatsache, daß vasomotorische Störungen, wenn sie auch ein gewöhnliches Begleitsymptom der Hemiplegien bilden, dennoch nicht ausnahmslos in allen Fällen vorhanden und nicht immer derartig sind, daß sie die Atrophie der Muskeln zu erklären im Stande wären. Auch zeichnet sich diese Atrophie nicht durch eine solche Gleichmäßigkeit der Verbreitung aus, wie man dies bei der Annahme eines allgemeinen Spasmus der Extremitätengefäße wohl erwarten sollte. Im Bereiche der oberen Extremität z. B. werden, wie gesagt, die Schulter- und Oberarmmuskeln im höheren Grade befallen, als die Muskeln der distaleren Teile dieser Gliedmaßen, namentlich der Hand, welche in derartigen Fällen am wenigsten in Mitleidenschaft gezogen wird; an der unteren

---

[1]) Verhandl. des V. Pirogov-Kongresses zu St. Petersburg. Dezember-Januar 1903—1904.

[2]) W. Bechterew, Nervenkrankheiten 1894.

[3]) Borgherini, Über die frühzeitige Muskelatrophie bei der cerebralen Lähmung. Arch. f. klin. Medizin 1889, Bd. 45, H. 5 u. 6.

[4]) Joffroy et Achard, L'atrophie musculaire chez les hémiplégiques. Arch. de méd. expér. v. III, 1891.

Extremität leiden in erster Linie die Gefäß- und Oberschenkelmuskeln, im sehr geringem Grade dagegen werden die kleinen Fußmuskeln von der Affektion befallen.

Die vasomotorische Theorie ist also in diesem Sinne nicht aufrecht zu erhalten. Indessen kann nicht geleugnet werden, daß die Ernährung des Muskelgewebes wesentlich von der Nahrungszufuhr auf der Gefäßbahn abhängt. Für die Ernährung so aktiver Gewebe, wie des Muskelgewebes, ist es von höchster Bedeutung, daß die Nahrungszufuhr sich den jeweiligen Bedingungen und Bedürfnissen anpasse.

Wenn schon der ruhende Muskel nicht ohne hinreichende Ernährung bestehen kann, so bedarf der passiv tätige Muskel einer gesteigerten Ernährung, und in noch höherem Grade ist der aktiv sich kontrahierende Muskel einer stetigen Nahrungszufuhr bedürftig. Unter normalen Verhältnissen regelt sich diese Materialzufuhr in erster Linie auf reflektorischem Wege unter Mitwirkung nicht allein das Rückenmarkes, sondern auch des Gehirns. Man darf annehmen, daß schon im Falle passiver Flexion und Extension einer Extremität den Vasomotoren der Muskel- und Gelenkgefäße centripetale Impulse zufließen, teils durch das Rückenmark, teils wahrscheinlich durch die Vorderhirnrinde und die subkortikalen Ganglien. Bei aktiven Muskelkontraktionen wird dieser Reflex um so lebhafter ausfallen müssen.

Unter allen Umständen wäre es total unlogisch, das Vorhandensein und Wirken dieser centripetalen Impulse in Abrede zu stellen. Die Reize, um die es sich hierbei handelt, fließen von der Peripherie her gehirnwärts den in der Gehirnrinde und in den subkortikalen Ganglien bestehenden vasomotorischen Centren zu, welche gegen jeglichen Reflexreiz bekanntlich ungemein empfindlich sind. Ebenso unbegründet wäre aber auch die Annahme, daß diese Reflexwirkungen auf die kortikalen und subkortikalen Gefäßcentra, welche augenscheinlich auch die Muskelgefäße innervieren, keinen zweckmäßigen Vorgang darstellen, welcher sich nicht dem jeweiligen Nahrungsbedürfnisse des in tätigem Zustande befindlichen Muskels und des Gelenkes anzupassen vermöchte. Wenn man sich der übrigen Zweckmäßigkeiten auf allen Gebieten unserer Organisation erinnert, in einem so tätigen System unseres Körpers, wie es die Muskeln sind, Unzweckmäßigkeiten zu vermuten, welche die Ernährung und somit die Leistungsfähigkeit dieser wichtigen Teile in Frage stellen müssen.

Hat ein Gehirnprozeß diesen cerebralen vasomotorischen Reflex gestört oder vernichtet, sei es in dem centripetalen Teil des Reflexbogens (sensible Leitung), sei es in seinem centrifugalen Teil (cerebrale vasomotorische Leitung), sei es endlich im Bereiche der kortikalen oder subkortikalen Gefäßcentra selbst, so wird sich die Ernährung des tätigen, passiv oder aktiv sich kontrahierenden Muskels als eine unzureichende herausstellen müssen, und dies wird langsam, aber sicher zur einfachen Atrophie des Muskels führen.

Bei solchem Sachverhalt braucht die Muskelatrophie keineswegs notwendig jede cerebrale Paralyse zu begleiten. Auch braucht die Atrophie nicht notwendig mit Anästhesie oder mit einer Degeneration der Pyramidenbahn und Veränderungen der Ganglienzellen der grauen spinalen Vordersäulen zu verlaufen. Wohl aber wird sie lebhafter in jenen Fällen ausgesprochen sein müssen, wo neben der Motilität auch

die Sensibilität und die Vasomotoren affiziert sind, wie dies bereits Monakow bemerkt hat. Hochgradig wird die Atrophie auch an solchen paralytischen Muskeln hervortreten, welche mindestens einen Teil ihres Aktionsvermögens noch besitzen. Sie wird ferner überall da vorhanden sein, wo die Muskeln häufiger passiv oder aktiv in Anspruch genommen werden. So verhält es sich in der Tat auch, denn bei den cerebralen Lähmungen atrophieren ja, wie schon bemerkt wurde, in erster Linie die Muskeln der Schulterregion und des Oberarmes, welche ihr Aktionsvermögen in höherem Grade beibehalten, als die übrigen Muskeln der oberen Extremitäten; von diesen wiederum leiden die mobileren Muskeln des Ober- und Vorderarmes mehr, als die kleinen Muskeln der Hand. Auch an dem paralytischen Bein betrifft die Atrophie in erster Linie die Gesäß- und Oberschenkelmuskulatur, welche ihr aktives Kontraktionsvermögen gewöhnlich behält; von den übrigen Muskeln dieser Extremitäten atrophieren in höherem Grade die Wadenmuskeln, da sie häufiger aktiv und passiv in Anspruch genommen sind.

Die erwähnte Insuffizienz des Gefäßreflexes bei den cerebralen Paralysen findet natürlich mit der Zeit eine gewisse Ausgleichung auf Grund der kompensatorischen Tätigkeit benachbarter Rindenpartien oder auch der niederen vasomotorischen Centra. So kommt es, daß auch die Muskelatrophie im Verlaufe cerebraler Paralysen mit der Zeit mehr oder weniger zurückgeht und schließlich spurlos verschwinden kann.

Kornilov betonte, wie gesagt, die Ähnlichkeit der cerebralen Amyotrophien mit den Gelenk- oder arthropathischen Amyotrophien. Diese Analogie ist unzweifelhaft vorhanden und sie ist gewiß dazu angetan, den Gedanken an eine identische Pathogenese beider Amyotrophien nahe zu legen.

Allein über die Entstehungsgeschichte der arthropathischen Amyotrophien wissen wir im Grunde recht wenig. Sicher scheint nur das eine zu sein, daß diese Atrophie reflektorischen Ursprunges ist und darauf beruht, daß von dem erkrankten Gelenk durch die hinteren Rückenmarkwurzeln den Muskeln irgendwelche Einflüsse übermittelt werden. Wir haben bereits erfahren, daß eine Muskelatrophie, falls man bei einem Tiere eine chronische Gelenkaffektion künstlich an den einander entsprechenden Extremitäten beider Seiten erzeugt, gar nicht an derjenigen Extremität auftritt, deren hinzugehörige Rückenmarkwurzeln vorher durchschnitten wurden, während an der Extremität, deren hinzugehörige Rückenmarkwurzeln verschont blieben, das volle Bild der artikulären Muskelatrophie hervortritt.[1])

Die Deutung, welche diese Tatsache gewöhnlich erhält, besteht darin, daß Reflexe, welche von dem erkrankten Gelenk ausgehen, dem Rückenmark mitgeteilt werden und hier dynamische Veränderungen der Ganglienzellen im Vorderhorn erzeugen, im Sinne einer Hemmung ihrer Funktion, und daß als Folge dieser gehemmten Funktion Muskelatrophie auftritt. Aber niemand hat das tatsächliche Vorhandensein dieser dynamischen Veränderungen bisher bewiesen, und noch weniger erwiesen ist, daß solche dynamische Veränderungen im Stande sind, so grobe Alterationen der Muskeln, wie die Atrophie derselben hervor-

---

[1]) Vgl. A. Kornilov, a. a. O. Daselbst findet man auch eine Zusammenstellung der diese Frage betreffenden Literatur.

zurufen. Es fehlen zudem auch klinisch irgendwelche Anzeichen einer gehemmten Tätigkeit der Vorderhornganglien, da die Sehnenreflexe in den hierhergehörigen Fällen nicht nur nicht unterdrückt, sondern bei der Ausbildung atrophischer Erscheinungen sogar ein wenig erhöht gefunden werden.

Ich meine daher, daß uns hier die Hypothese einer dynamischen Veränderung der Vorderhornganglien des Rückenmarkes nicht weiter bringt, daß es sich vielmehr hierbei handelt um Störungen des vasomotorischen Reflexes der in Tätigkeit befindlichen Muskeln und Gelenke als Folge einer chronischen Reizung, welche sich von dem erkrankten Gelenk aus auf der Bahn der hinteren Rückenmarkwurzeln den vasomotorischen Centren mitteilt.

Einer ganz analogen Auffassung ist auch die Genese der cerebralen Arthropathien zugänglich. Es besteht wohl kaum irgend ein Zweifel daran, daß es zum Zustandekommen einer regelrechten Ernährung der Gelenke eines vasomotorischen Reflexes bedarf, welcher in dem Augenblick, wenn die Gelenkoberflächen bei den Bewegungen der Reibung unterliegen, einen entsprechend gesteigerten Blutzufluß zum Gelenke bewirken und dadurch der für die Bewegungen der Gelenkoberflächen höchst gefährlichen Austrocknung des Gelenkes vorbeugen soll.

Kommt es bei einer Cerebralaffektion zu einer Störung, Schwächung oder Vernichtung dieses bedeutsamen vasomotorischen Reflexes, dann kann dies gewiß nicht ohne Folgen für die Funktion des Gelenkes bleiben, vielmehr werden sich im Anschlusse daran entzündliche Vorgänge im Gelenkinnern ausbilden müssen.

Es ist klar, daß auch hier die Beweglichbkeit des Gelenkes seiner Erkrankung Vorschub leisten wird. Daher beobachtet man die Ausbildung von Arthropathie im Bereiche der gelähmten oberen Extremitäten am häufigsten am Schultergelenk und demnächst am Ellbogengelenk, also wiederum an den mobilsten Gelenken der Extremität. An den gelähmten unteren Extremitäten leiden am öftesten das Hüft- und Kniegelenk, die hier bei den Bewegungen am meisten in Anspruch genommen sind.

Analoge Gesichtspunkte beleuchten auch die Erscheinungen der cerebralen Knochenatrophie. Bekanntlich findet man in einzelnen Fällen bei cerebralen Hemiplegien auch Knochenatrophie im Bereiche der gelähmten Gliedmaßen. Sehr auffallend ist diese Knochenatrophie besonders dann, wenn die Hemiplegie bei jugendlichen Individuen zur Ausbildung kommt.

Einen hierhergehörigen Fall hat u. A. Déjérine mitgeteilt. Im Verlaufe einer Hemiplegie, welche drei Jahre dauerte, war es hier zu einer starken Atrophie der Muskeln und Knochen gekommen, und letztere erwiesen sich bei der Röntgenuntersuchung als hochgradig porös.

Ich selbst beobachtete einen analogen Fall bei kortikaler Hemiplegie an einem 16jährigen Mädchen, bei welchem neben kortikaler Paralyse eines Armes, die vor mehreren Jahren aufgetreten war, eine hochgradige Atrophie der Armmuskulatur und eine nicht minder auffallende Längen- und Dickenabnahme der Knochen unter Erscheinungen von Parese bestand. Die Knochenveränderungen konnten auch röntgenoskopisch nachgewiesen werden.

Daß vasomotorische Einflüsse hier nicht ohne Bedeutung sein können, bezeugt der von mir beobachtete Fall von Knochen- und Muskelatrophie der oberen Extremität bei cerebraler Kinderlähmung, wo die gelähmte Extremität sich dauernd auffallend kühl anfühlte. Ich zweifle aber auch nicht daran, daß die Ernährung der Knochen von den nämlichen vasomotorischen Reflexwirkungen abhängt, wie die Ernährung der Muskeln und Gelenke. Es liegt also auch in diesem Fall nahe, an den Einfluß vasomotorischer Reflexe in dem oben erläuterten Sinn zu denken.

Ich finde also weder bei den cerebralen Amyotrophien, noch auch bei den cerebralen Arthropathien und Knochenaffektionen irgendwelche spezifisch trophische Wirkungen der Gehirnrinde auf das Muskelsystem, sondern nur Erscheinungen vasomotorischer Störungen, welche unter anderem zu einer Alteration vasomotorischer Reflexe führen, die für die Gewebsernährung eine große Bedeutung haben.

Der Einfluß der Rinde auf den Gewebschemismus ist möglicherweise auch kein direkter, sondern erfolgt indirekt durch Wirkung auf das Gefäß- und Muskelsystem.

Spezifisch trophische Wirkungen kann man also nur gelten lassen bezüglich der motorischen Ganglienzellen des Rückenmarkes und der Zellen der motorischen Gehirnnervenkerne, sowie bezüglich der subkortikalen Ganglien, welche nach Rindenläsionen im Laufe der Zeit gewöhnlich mehr oder weniger in Atrophie übergehen.

Aber in diesem Falle wird der trophische Einfluß der Gehirnrinde bezüglich der Nervenzellen der genannten Formationen, indem er sich konsekutiv auf die Fasern des peripheren Neurons verbreitet und daher sich bis zu einem gewissen Grad in der Ernährung der Muskeln ausprägt, bedingt und unterhalten durch Impulse, welche fast ununterbrochen von der Gehirnrinde ausgehen und auf der Bahn centrifugaler Leitungen zu den Zellen tiefergelegener motorischer Formationen gelangen. Es erscheint daher natürlich, daß im Falle der Zerstörung der Gehirnrinde und des Fortfalles dieser Impulse auch die Ernährung der in Rede stehenden Nervenzellen leiden muß. Die regelrechte Ernährung hängt hier von der Funktion ab; und die Funktion so spezifischer Gewebe, wie das Nerven-, Muskel- und Drüsengewebe erhält sich auf Grund von Impulsen, welche ihnen ununterbrochen von den Centren her zufließen als Ausdruck bestimmter peripherer oder centraler Einflüsse.

X.

Die Beziehungen der Gehirnrinde zu den Emotionen und organischen Psychoreflexen.

Alles, was wir bisher über den Einfluß der Vorderhirnrinde auf die organischen Funktionen wissen, bezeugt, daß diese Funktionen annähernd in den gleichen Regionen der Gehirnrinde lokalisiert sind, welche auch der willkürlichen Motilität vorstehen. Demnach enthalten die Rindengebiete, welche mit dem Zustandekommen der Willkürbe-

wegungen zusammenhängen, offenbar auch die Centra für die verschiedenen organischen Bewegungen in sich.

Diese nahen Beziehungen zwischen den beiden Reihen von Nervencentren sind augenscheinlich direkter Ausdruck der Tatsache, daß alle äußeren Bewegungen gewöhnlich mit einer ganzen Summe von Bewegungen im Bereiche der organischen Funktionen verknüpft sind. So z. B. sind lebhafte körperliche Bewegungen meist begleitet von bestimmten Veränderungen der Herztätigkeit und der Atmung, von Lichtungsveränderungen der Hautgefäße, von einer gesteigerten Tätigkeit der Schweiß- und anderen Drüsen, von erhöhtem Stoffwechsel usw. Es versteht sich von selbst, daß diese wechselseitigen Beziehungen zwischen den beiden Bewegungsreihen nicht auf Grund centraler Verbindungen in der Gehirnrinde zu Stande kommen, sondern auf sehr komplizierten physiologischen Beziehungen zwischen den verschiedenen Organismusfunktionen beruhen. Aber die Tatsache, daß so verschiedene Funktionen unter bestimmten physiologischen Bedingungen mit einander in Verbindung treten, ist insofern nicht bedeutungslos, daß alle diese Funktionen in der Gehirnrinde an denselben Stellen in nächster Nähe von einander lokalisiert sind.

Indessen erschöpft dieses gegenseitige Handinhandgehen selbstverständlich nicht die ganze physiologische Bedeutung jener Rindencentra der sensitiv-motorischen Zone, welche zu den Bewegungen der inneren Organe, zu der vasomotorischen, sekretorischen und trophischen Sphäre in Beziehung stehen.

Schon daraus, was wir im früheren bei der Darstellung der einzelnen Centra, welche auf die verschiedenen organischen Funktionen einwirken, gesehen haben, wird es deutlich, daß durch die Mitwirkung dieser Centra und unter Beteiligung jener Funktionen besondere psychische Reflexe oder psycho-organische Reflexe, wie man sie auch nennen kann, zu Stande kommen.

Hierher gehören: die psychischen Pupillenreflexe, die psychischen Wirkungen auf den Respirationsapparat, die Stimmäußerungen bei den Affekten, das Auftreten von Herzklopfen und von Veränderungen des Gefäßdruckes bei bestimmten psychischen Emotionen, die unwillkürlichen Verrichtungen des Darmes und der Harnblase bei starkem Schreck und lebhafter Aufregung, die geschlechtliche Erregung bei bestimmten psychischen Einflüssen usw. Zu der gleichen Ordnung von Erscheinungen gehört auch die Speichelsekretion bei vorhandener Eßlust, die Ausscheidung des Magen- und Pankreassaftes bei dem Vorzeigen von Fleisch, die psychischen Wirkungen auf die Gallensekretion, die gesteigerte Harnausscheidung bei entsprechenden psychischen Einwirkungen usw.

Da alle diese psychoreflektorischen Erscheinungen neben den äußeren Bewegungen einen wichtigen Bestandteil des Ausdruckes der Affekte und psychischen Emotionen bilden, so fällt der sensitiv-motorischen Zone der Gehirnrinde eine hervorragende Bedeutung für die Funktion der Äußerung der psychischen Bewegungen oder der sog. Emotionen zu, soweit diese letzteren nicht bloß einfachen Reflexen, sondern bestimmten psychoreflektorischen Vorgängen in Gestalt von Assoziationsreflexen zum Ausdrucke dienen.

Man kann sich wenigstens keinen einzigen Affekt vorstellen, welcher sich in verschiedenen unwillkürlichen Veränderungen der Atmung, der

Herz- und Gefäßtätigkeit, der sekretorischen und anderen Funktionen äußern könnte ohne ein Hinzutun der sensitiv-motorischen Rindenzone mit ihren „psycho-organischen“ Centren, welche unter Vermittlung der entsprechenden subkortikalen Centra auf die Tätigkeit der inneren Körperorgane Einfluß üben.

XI.

Die Leitungsbahnen der Haut-Muskelsphäre des Vorderhirns.

In der hier anzuschließenden Darstellung der Leitungsbahnen, welche die sensitiv-motorische Zone der Gehirnrinde mit den tieferliegenden Gehirnformationen in Verbindung setzen, werde ich zunächst die centripetalen Leitungen für die Haut- und Muskeleindrücke schildern und dann zur Betrachtung der centrifugalen Leitungsbahnen der Skelettmuskulatur und der übrigen Organe (Gefäße, Drüsen usw.) übergehen.

1. Centripetale Leitungsbahnen des Vorderhirns.

a) Die centripetalen Leitungsbahnen der Rückenmarksnerven.

Sämtliche centripetale Leitungsbahnen für die Haut- und Muskelsensibilität finden, wie schon früher bemerkt wurde, ihre vorläufige Endigung im Thalamus.[1]) Als Fortsetzung derselben entstehen hier die Fasern des thalamo-kortikalen Systems, welche durch die Lamina medullaris externa zum seitlichen Teil der Capsula interna gelangen, wo sie in der Nähe des Linsenkerns zu liegen kommen, dessen Laminae medullares sie zum Teil durchsetzen und dann zu der Rinde der Parietal- und Centralwindungen sich begeben (Fig. 385, 386).

Es handelt sich hier im wesentlichen um jene Faserzüge, welche aus dem lateralen und ventralen Thalamuskern hervorgehen. — Einige Forscher, wie Flechsig und Edinger nehmen auch das Vorkommen von Fasern an, welche aus der Schleife direkt zur Rinde gelangen sollen. Doch sind solche Schleifenfasern nicht sicher erwiesen.

1. *Experimentelle Beobachtungen.* — Von experimentellen Untersuchungen, welche die Anordnung der centripetalen Leitungsbahnen in der inneren Kapsel betreffen, sind vor allem die Versuche von Veyssière zu nennen.[2])

Er versenkte in die Substanz der Hemisphäre bis zum hinteren Ende des hinteren Schenkels der inneren Kapsel einen feinen Troikar mit darin eingeschlossenem Messerchen. Letzterer wurde genau in der

---

[1]) Vgl. hierzu u. a.:
Probst, Physiologische, anatomische und pathologisch-anatomische Untersuchungen des Sehhügels. Arch. f. Psychiatrie Bd. 37, H. 3.
P. Flechsig, Die Lokalisation der geistigen Vorgänge usw. Leipzig 1896.

[2]) Veyssière, Récherches expér. à propos de l’hémianesthésie de cause cérébrale. Arch. de physiol. 1874.

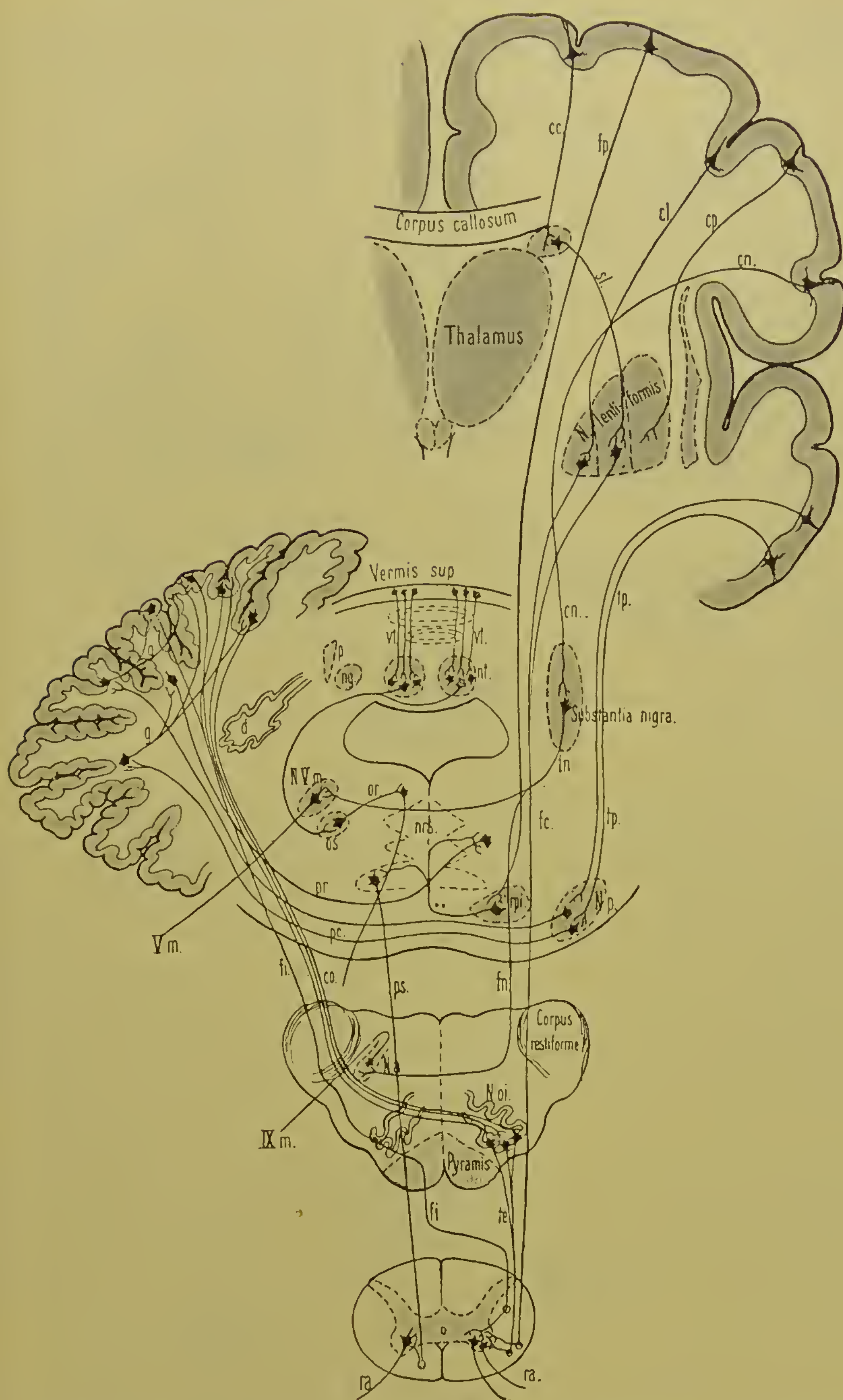


Fig. 385.
Gesamtübersicht der zum Vorderhirn in Beziehung stehenden centripetalen Leitungsbahnen.

Höhe des hinteren Schenkels der inneren Kapsel quer zur Achse des Troikars hervorgeschoben und durchtrennte bei entsprechender Um-

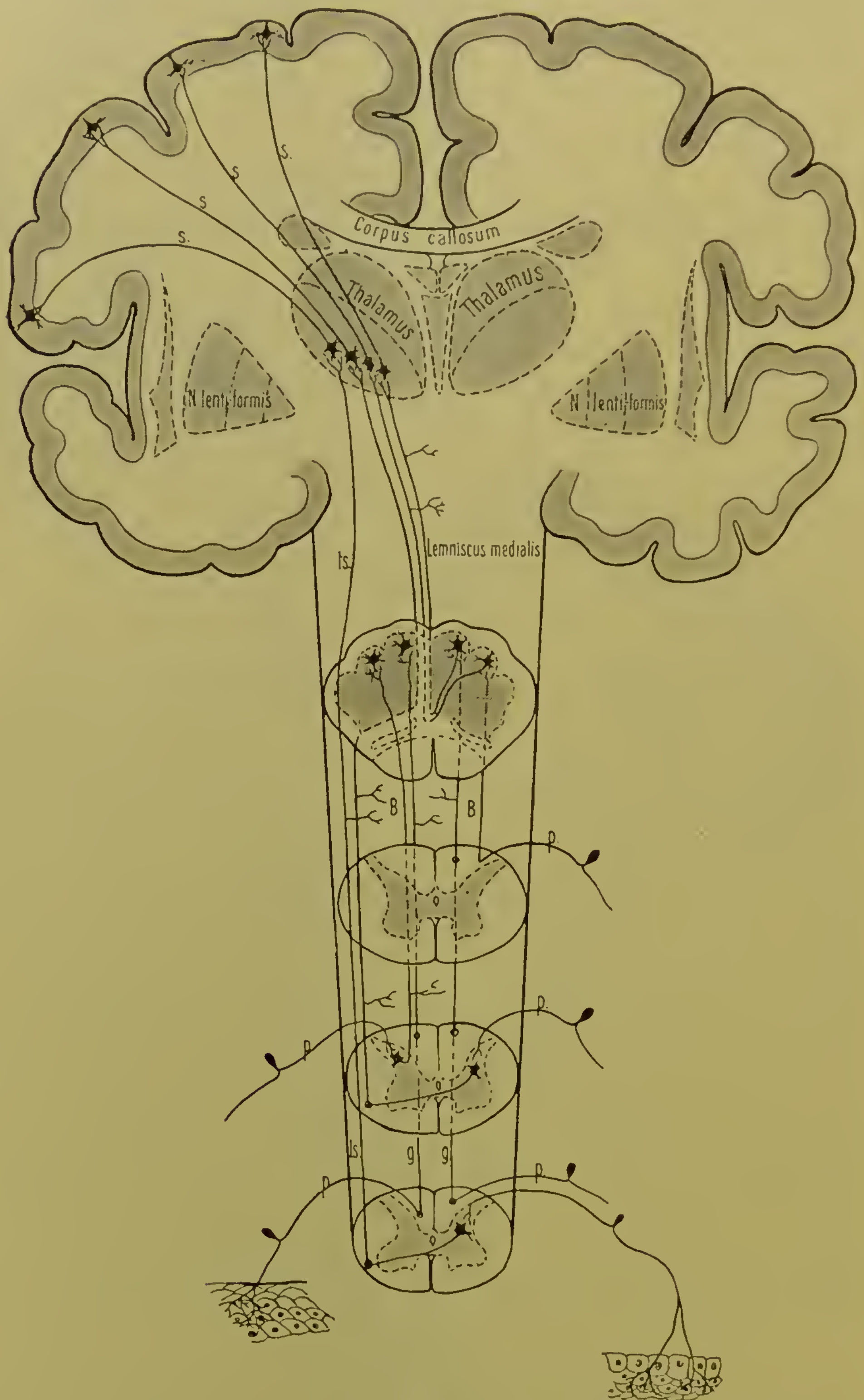


Fig. 386.

Verlauf der centripetalen Bahn von den hinteren Wurzeln zur Großhirnrinde.

B Burdach'scher, *g* Goll'scher Strang; *ls* Fasciculus anterolateralis superficialis als Teil des Gowers-schen Bündels, welcher zum Thalamus zieht; *p* hintere Wurzeln; subkortikale sensible Bahn vom Thalamus.

drehung des Troikars die hier durchtretenden Nervenfasern. — Als Folgeerscheinung dieses Eingriffes fand man bei den operierten Tieren Hemianästhesie der kontralateralen Körperhälfte.

Analoge Ergebnisse lieferten die Experimente von Carville und Duret.[1])

Sellier und Verger erzeugten durch Einführung von bis an ihre Enden isolierten Elektroden in die innere Kapsel streng lokalisierte Läsionen der hier durchtretenden Faserung. Die Beschädigung des hinteren Schenkels der inneren Kapsel ergab, wie sich in diesen Experimenten herausstellte, Störungen der Motilität und Sensibilität. Die Motilität litt relativ wenig und restituierte sich sehr bald. Lebhafter und dauernd affiziert erwies sich die Sensibilität in diesen Fällen, und zwar in ihren sämtlichen Qualitäten (Lage-, Tast- und Schmerzgefühl). Die Schmerzempfindlichkeit war übrigens nicht total aufgehoben, sondern nur herabgesetzt, und namentlich trat das Unvermögen, die Schmerzempfindungen zu lokalisieren, bei den operierten Tieren scharf hervor.[2])

In allen diesen Fällen handelte es sich offenbar um eine Affektion jener Faserzüge der inneren Kapsel, welche aus dem ventralen Kern des Thalamus heraustreten und sich zur Gehirnrinde begeben.

In Übereinstimmung mit diesen Befunden gelangte auch Economo auf Grundlage entsprechender Versuche zu dem Schluß, daß die centripetale Bahn des Schluckreflexes durch den ventralen Kern des Thalamus hindurchtritt und von hier durch die Lamina medullaris externa und durch die Gitterschicht zur inneren Kapsel, zum Stratum sagittale laterale und schließlich zum vorderen Teil der dritten und zur vierten äußeren Windung gelangt.[3])

2. *Pathologische Beobachtungen.* — Bestimmte klinische Erfahrungen über das Verhalten des Vorderhirngebietes der centripetalen Leitungsbahnen sind erst seit den Untersuchungen von Charcot gewonnen worden. Nach seinen Beobachtungen gibt im Bereiche der Vorderhirnhemisphäre nur die innere Kapsel im Falle ihrer Beschädigung Symptome, welche eine genaue Lokalisation ermöglichen. „Läsionen im Gebiete des hinteren Drittels der inneren Kapsel erzeugen eine Anästhesie, welche sich über die allgemeine und spezifische Sensibilität erstreckt. Diese Anästhesie kann für sich allein bestehen; wenn aber die Läsion sich weiter nach vorn ausdehnt, dann erfolgt zugleich Hemiplegie. Diese Hemianästhesie ist die einzige zentrale Lokalisation, die wir bisher kennen.“[4])

Charcot belegte die soeben geschilderte Hirnregion mit dem Namen Carrefour sensitif.

Allein diese Carrefour sensitif-Theorie ruhte nicht auf genauen pathologisch-anatomischen Befunderhebungen. Sie gründete sich in erster Linie auf Fälle von sensibel-sensitiver Anästhesie der Hysterischen, welche von Charcot und seiner Schule in pathologisch-anatomischer Beziehung den Zuständen organischer Hemianästhesie mit Lokalisation im

---

[1]) Carville et Duret, Sur les fonctions des hémisphères cérébraux. Arch. de phys. 1875.

[2]) Sellier et Verger, Les hémianesthésies capsulaires expérim. Journ. de physiologie 1899, Nr. 4, S. 757.

[3]) C. Economo, Die centrale Kau- und Schluckbahn. Pflügers Archiv 1902, Bd. 91, S. 629.

[4]) Charcot, Société de Biologie 1876.

Gebiete der Centralwindungen gleichgesetzt werden. Die sensibel-sensitive Hemianästhesie in ihrem ursprünglich von Charcot angenommenen Sinn war, wie Monakow mit Recht bemerkt[1]), noch von keinem der bekannten pathologischen Anatomen nachgewiesen worden.

Diese nicht auf pathologisch-anatomischem Beweismaterial aufgebaute Hypothese führte bekanntlich in der Folge zur Schaffung der Hypothese von einer sekundären Kreuzung der Opticusbahnen hinter dem Chiasma. Auch diese Hypothese hatte Charcot zum Erzeuger; ihren Boden bildeten jene Fälle von Hysterie mit gekreuzter Amblyopie, welche man irrtümlich im Gebiete der inneren Kapsel lokalisierte.

Gegen die Theorie des Carrefour sensitif sind in letzterer Zeit auch Déjérine und Song aufgetreten.[2]) Sie stellen schon die bloße Möglichkeit des Auftretens von Hemianästhesien infolge von Herden der inneren Kapsel in Abrede, da in allen Fällen von organischer Hemianopsie Affektionen des Thalamus vorgelegen haben sollen.

Nach den Angaben von Déjérine gibt es im hinteren Schenkel der inneren Kapsel nicht einmal ein besonderes sensibles Bündel, da die centripetalen Rindenbahnen, d. h. die thalamo-kortikalen Fasern mit den übrigen queren und vertikalen und ganz besonders mit den Pyramidenfasern durchmischt sind und sich vom Knie bis zum retrolentikularen Segment der inneren Kapsel erstrecken.[3])

Die Hemianästhesie kann bei Affektionen der Hemisphären nach der Meinung von Déjérine eine doppelte Entstehungsweise haben, indem sie vorkommt: 1. bei Affektionen des Thalamus, wobei entweder die Gehirnstammfasern des Thalamus oder die thalamo-kortikalen Bahnen ergriffen sein können, 2. bei Affektionen im Gebiete der Hemisphären, welche auf jeden Fall recht ausgedehnt sein müssen, um eine Unterbrechung der thalamo-kortikalen Centripetalbahnen zu bewirken.

Schäffer veröffentlichte in neuerer Zeit einen Fall, welcher Déjérine's Auffassung bezüglich des Verlaufes der sensiblen Leitungsbahnen als zutreffend bestätigt. Bei einem Kranken mit linksseitiger Hemiplegie bestand im Verlaufe von 14 Monaten Hemianästhesie der gleichen Seite mit Verlust des Muskelgefühls. Bei der Sektion stieß man auf einen Erweichungsherd, welcher am hinteren Teil des horizontalen Astes der Fissura Sylvii beginnend und tiefenwärts vordringend den Kopf und Körper des Nucleus caudatus, sowie den vorderen Schenkel und das Knie der inneren Kapsel ergriffen hatte. Der Thalamus war unversehrt, aber außer absteigender Degeneration der Pyramidenbahn fand man in diesem Fall auch eine konsekutive Atrophie des dorso-lateralen Teiles des Thalamus. Hier bestand also trotz voller Unversehrtheit des hinteren Schenkels der inneren Kapsel Hemianästhesie infolge des Befallenseins der thalamo-kortikalen centripetalen Fasern.[4])

Weitere Angaben über die centripetalen subkortikalen Bahnen findet man

---

[1]) Monakow, Die Gehirnpathologie 1897, S. 367.

[2]) Déjérine et Long, Sur la localisation de la lésion dans l'hémianesthésie dite capsulaire. Soc. de biolog. 1898.

[3]) Déjérine, Centres nerveux, II.

[4]) K. Schäffer, Beitrag zur Lokalisation der cerebralen Hemianästhesie. Neurolog. Centralbl. 1902, Nr. 21.

bei Rigollet[1]), dessen Arbeit der Übersetzer meiner „Leitungsbahnen"[2]) einige vorzügliche Abbildungen über diesen Gegenstand entlehnt hat.

Auch Marie und Guillain schildern eine Reihe von Fällen mit Affektion des sog. sensiblen Feldes der inneren Kapsel. Doch sind in diesen Fällen keinerlei Störungen der Sensibilität bemerkt worden.[3])

Aus einer Reihe von Levi mitgeteilten Beobachtungen über Verletzung des Gehirns mit einem scharfen Messer geht hervor, daß im Falle direkter subkortikaler Affektion die Störungen der Sensibilität ebenso schwer sind, wie bei kortikalen Läsionen. In diesem Fall bestanden außer Paralyseerscheinungen in erster Linie Störungen des Muskelgefühls und des stereognostischen Gefühls, sowie des Lokalisationsvermögens für taktile Eindrücke, für Temperaturreize und in geringerem Grade auch für Schmerzreize. Vorhanden war ferner motorische Ataxie.[4])

Die von Déjérine und Egger beobachteten Kranken mit taktiler und tiefer Anästhesie infolge von Affektionen der Thalamusregion konnten, wenn man sie dazu aufforderte, mit dem anästhetischen Arm vollkommen genaue Bewegungen ausführen, trotzdem die Empfindung der passiven Lage der Extremitäten erloschen war.

Zudem waren diese Kranken hemiataktisch. — Déjérine und Egger erklären sich diese Zustände in der Weise, daß die sensible Bahn nacheinander an verschiedenen Stellen mit den motorischen Koordinationscentren in Verbindung tritt. Die bewußte Sensibilität soll bei der Entstehung der Ataxie gar keine Rolle spielen. Die Ausbildung der Ataxie hänge bis zu einem gewissen Grade von der Lage der centripetalen Leitungsbahn ab. Die Affektion der centripetalen Leitungsbahn im ersten Neuron müsse in höherem Maße Ataxie erzeugen, während die Affektion des letzten Neurons der centripetalen Leitungsbahn trotz des Verlustes des Lagegefühls keine Ataxie hervorrufe.[5])

Nun ist aber zu bemerken, daß auch den bewußten Empfindungen eine gewisse Bedeutung für die Willkürimpulse nicht abgeht. Ich erwähne als in dieser Beziehung ganz besonders beachtenswert die von Strümpell, Heyne und Ziemssen mitgeteilten Fälle von tiefer und oberflächlicher (kutaner) Anästhesie, wo die Extremitäten bei geschlossenen Augen nicht bewegt werden konnten.

3. *Kritische Zusammenfassung.* — Bezüglich der Theorie des Carrefour sensitif kann ich mich den Auffassungen der vorerwähnten Autoren anschließen. Ich meine ebenfalls, daß diese Theorie total verfehlt ist.

Sicher ist ferner, daß die sensible Leitungsbahn im wesentlichen durch die centripetalen thalamo-kortikalen Fasersysteme dargestellt wird. Nach ihrem Austritt aus dem Thalamus verlaufen die centripetalen Leitungsbahnen für die kontralaterale Körperhälfte unzweifelhaft nur

---

[1]) Rigollet, Contribution à l'étude de l'hémianesthésie organique. Thèse de Lyon 1900.

[2]) W. v. Bechterew, Le voies de conduction du cerveau et de la moelle. Lyon-Paris 1900, pp. 669 u. 670.

[3]) Marie et Guillain, Existe-t-il en clinique des localisations dans la capsule interne. Sem. Méd. 1902, Nr. 26.

[4]) H. Levi, Zur Kenntnis der zirkumskripten Rindenläsion etc. Neurolog. Centralbl. 1903, Nr. 2.

[5]) Déjérine et Egger, Contribution de la physiologie path. de l'innervation motrice. Revue méd. 1903, Nr. 8, S. 397.

durch die innere Kapsel, wobei sie mit Querfasern und zum Teil mit den motorischen Leitungsbahnen untermischt sind.

Zu Gunsten dieses Satzes sprechen einerseits die Befunde der experimentell-anatomischen Untersuchungen, andererseits die klinische Erfahrung und die Erfahrungen, welche man im Tierexperiment beobachtet.

Unter den hierbezüglichen experimentellen Ermittelungen sind diejenigen von Troschin zu nennen, welche hinsichtlich des Verlaufes der centripetalen Leitungsbahnen bei der Katze u. a. folgendes Ergebnis lieferten:

1. Im Thalamus nimmt das letzte Neuron der centripetalen Leitungsbahn seinen Anfang;

2. im lateralen Felde des Hirnschenkels und im hinteren Schenkel der Capsula interna (Carrefour sensitif) sind sowohl aufsteigende, als auch absteigende Fasersysteme vorhanden;

3. die centripetalen Bahnen verlaufen sowohl in jenem Abschnitt der inneren Kapsel, welcher zwischen dem Thalamus und dem Linsenkern gelegen ist, als auch in dem zwischen letzterem und dem Nucleus caudatus befindlichen Schenkel der inneren Kapsel.[1])

In Betracht kommen hier außerdem die schon vorhin erwähnten Experimentaluntersuchungen an Tieren, welche bezeugen, daß im Falle der Läsion der inneren Kapsel Erscheinungen von Hemianästhesie die Folge sind.

Was das Gebiet der klinischen Erfahrung anlangt, so verfügen wir gegenwärtig nicht nur über eine ganze Reihe hierhergehöriger pathologisch-anatomischer Befunde, sondern auch über zahlreiche nach dieser Richtung hin beweiskräftige klinische Beobachtungen, welche von verschiedenen Autoren beigebracht wurden (Veyssière[2]), Virengue[3]), Pierret[4]), Lépine[5]), Rendu[6]), Laffargue[7]), Pitres[8]), Ballet[9]) u. A.). In allen Fällen, wenn der hintere Teil des hinteren Schenkels der inneren Kapsel affiziert ist, kommt es, wie aus den Beobachtungen der soeben namhaft gemachten Autoren hervorgeht, zur Ausbildung von Hemianästhesie der kontralateralen Körperhälfte mit Erscheinungen von Affektion des Muskelgefühls ebenda.

Bei der angegebenen Herdlokalisation braucht die Hemianästhesie nicht von auffallenderen und anhaltenden Störungen der Motilität der kontralateralen Körperhälfte begleitet zu sein, und da andererseits bei Läsionen im mittleren Teil des hinteren Schenkels der Capsula interna, wie aus den Befunden von Charcot und einer ganzen Reihe anderer Beobachter hervorgeht, Hemiplegie ohne hochgradig ausgesprochene

---

[1]) Troschin, Neurolog. Centralbl. 1902, S. 142.

[2]) Veyssière, Récherches cliniques et expérim. sur l'hémianesthésie de cause cérébrale. Thèse de Paris 1874.

[3]) Virengue, De l'hémianesthésie. Thèse de Paris 1874.

[4]) Pierret, Société anatomique 1874.

[5]) Lépine, De la localisation dans les maladie cérébrales. Thèse d'agrégation 1875.

[6]) Rendu, Les anesthésies spontanées. Thèse d'agrégation 1875.

[7]) Laffargue, Étude sur les rapports des lésions de la couche optique avec l'hémianesthésie d'origine cérébrale. Thèse de Paris 1877.

[8]) Pitres, Sur l'hémianesthésie d'origine cérébrale. Société de Biologie 1876.

[9]) Ballet, Recherches sur le faisceau sensitif et les troubles de la sensibilité etc. Thèse de Paris 1881.

Störungen der Sensibilität auftritt, so ergibt sich zur Evidenz, daß die centripetalen und centrifugalen Leitungsbahnen im Bereiche der inneren Kapsel bis zu einem gewissen Grade von einander getrennt liegen, wenn sie hier auch in nächster Nachbarschaft von einander verlaufen und sich zum Teil sogar durchmischen.

Die anatomische Untersuchung bezeugt übrigens, daß die centripetalen Leitungsfasern, welche aus dem ventero-lateralen Kern des Thalamus, also dort, bis wohin wir sie früher verfolgt haben, heraustreten, zwar von der motorischen Leitungsbahn getrennt sind, aber nicht ein selbständiges, für sich bestehendes Bündel darstellen, sondern mehr oder weniger zerstreut verlaufen und allmählich dem hinteren Teil des Linsenkerns sich zuneigen.

Keinem Zweifel unterliegt es ferner, daß die Leitungsbahnen der Haut- und Muskelsensibilität, wie dies aus klinischen Beobachtungen abzuleiten ist, auch während ihres weiteren Verlaufes zur Vorderhirnrinde von den motorischen Bahnen getrennt sind. In der Hirnrinde selbst endigen die centripetalen Leitungsbahnen im Parietallappen und zum Teil in den Centralwindungen in der nächsten Nachbarschaft der motorischen Centra.

b) Centrale Bahnen der centripetalen Gehirnnerven.

Bezüglich der centralen centripetalen Leitungsbahnen des Trigeminus, des centripetalen Nerven der Kopfregion (Fig. 387), ist durch experimentelle Befunde in Übereinstimmung mit der klinischen Erfahrung dargetan worden, daß die betreffenden Fasern nach erfolgter Unterbrechung an einer besonderen Stelle des postero-lateralen Abschnittes bezw. des ventralen Kerns des Thalamus ebenfalls ganz hinten im hinteren Schenkel der inneren Kapsel hindurchtreten, zum Teil durchmischt mit Bestandteilen der motorischen Bahn, zum Teil für sich allein verlaufend. Sie steigen von da zur Region des unteren Abschnittes der beiden Centralwindungen empor, wo die dem Trigeminus entsprechenden Rindencentra lokalisiert sind.

Über die Ursprungsverhältnisse der thalamo-kortikalen Leitungsbahnen sind durch neuere Untersuchungen von Ramon y Cajal folgende anatomische Einzelheiten ermittelt worden, welche ich hier zum Schluß noch anführen will.

Die centripetale thalamo-kortikale Leitungsbahn beginnt nach den Befunden von Ramon y Cajal in sternförmigen, reichlich mit verästelten Dendriten ausgestalteten Nervenzellen, welche im ventralen Kern des Thalamus in Gestalt länglicher Inseln oder Zellhülsen (cartuchas) sich verbreiten, von denen jede einzelne als Endstätte besonderer centripetaler Fasern der Schleife sich darstellt. Die dicken Axiten dieser Leitungsbahn wenden sich nach innen und vorn und gelangen höchstwahrscheinlich zur motorischen Zone der Gehirnrinde. — Eine akzessorische thalamo-kortikale Leitungsbahn entsteht aus halbmondförmigen oder akzessorischen sensiblen Kernen im Thalamus, an welchen die centripetalen Fasern des Trigeminus central endigen.

Zu bemerken ist schließlich, daß auch die centralen Bahnen der übrigen centripetalen Gehirnnerven, des Glossopharyngeus, Vagus usw. im ganzen und großen den gleichen Verlauf nehmen, wie die Faserzüge, welche den centripetalen Teil des Trigeminus centralwärts fortsetzen.

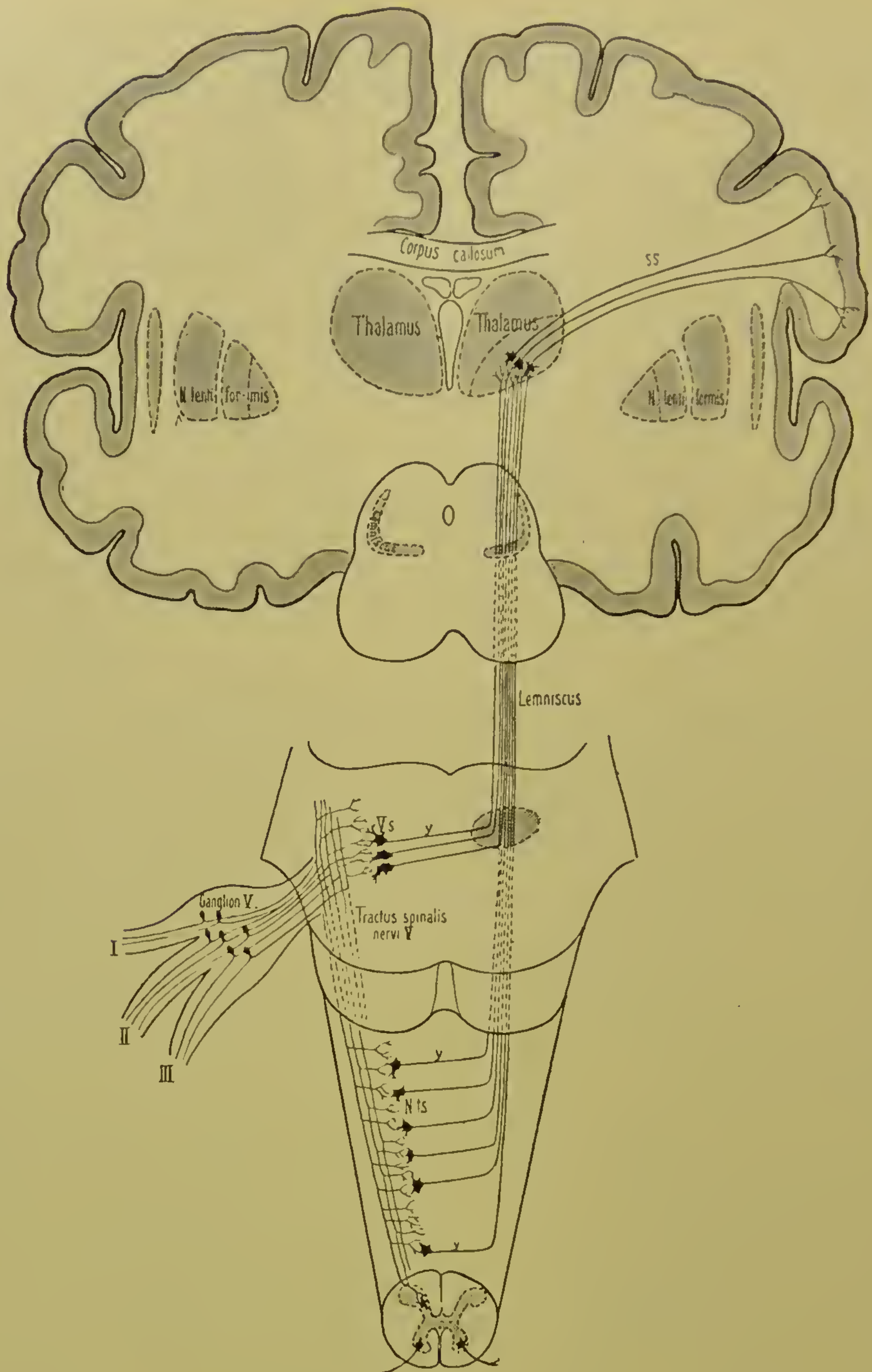


Fig. 387.

Der centrale Verlauf des sensiblen Anteiles des Trigeminus.

Vs Sensibler Endkern des Trigeminus; *I, II, III* die drei Äste des Trigeminus; *ss* thalamo-kortikale Endbahn des Trigeminus. — Übrige Bezeichnungen aus der Figur ersichtlich.

c) Die centripetalen Leitungsbahnen für die organischen Empfindungen und für das statische Gefühl.

Die centripetale Leitungsbahn zerfällt in drei große Systeme:

1. centripetale Bahnen, welche sensible Impulse speziell von der Hautoberfläche und von den Muskeln der sensitiven Zone der Gehirnrinde zuführen,

2. centripetale Bahnen, welche der Gehirnrinde allgemeine oder organische Empfindungen übermitteln, und

3. centripetale Bahnen, welche statische Eindrücke zur Hirnrinde leiten.

Was nun die Leitungsbahn betrifft, welche bestimmt ist, der Gehirnrinde allgemeine oder organische Empfindungen zu übermitteln, so wird man, da die Reflexcentra für die organischen Funktionen im Thalamus liegen, annehmen müssen, daß auch die Leitungswege der inneren Körperorgane zu diesen Centren gelangen und hierselbst ihre vorläufige Endigung finden. Als subkortikale Leitungen zur Übertragung dieser Empfindungen an die Gehirnrinde werden offenbar jene centripetalen Fasern funktionieren, welche vom Thalamus sich zur Gehirnrinde begeben.

Da die organischen Funktionen, wie schon früher dargestellt wurde, in der Vorderhirnrinde im Bereiche der Parietalwindungen und der beiden Centralwindungen ihre Centra haben, so muß die centripetale Bahn für diese Empfindungen augenscheinlich in den thalamo-kortikalen Faserzügen gesucht werden, welche als Bestandteile des mittleren Thalamusschenkels zur Rinde der Parietalregion hinaufsteigen.

Die andere Bahn, welche statische Empfindungen zur Rinde leitet, wird durch die centrale Fortsetzung der Fasern des vorderen Thalamusschenkels dargestellt. Die centripetalen Leitungen dieser Bahn verlaufen vom roten Haubenkern und von dem postero-ventralen Abschnitt des Thalamus ebenfalls zu der Rinde der Parietal- und Centralwindungen. Die Zerstörung dieser Rindenregionen bewirkt bei den Versuchstieren nicht selten eigentümliche zwangsweise Kreisbahnbewegungen von analoger Art, wie sie auch in Fällen von Durchschneidung des vorderen Kleinhirnschenkels beobachtet wurden.

2. Centrifugale Leitungsbahnen des Vorderhirns.

Bei der Darstellung der centrifugalen Leitungsbahnen der sensitiv-motorischen Zone (Fig. 388) muß man davon ausgehen, daß ein gewisser Teil dieser subkortikalen Leitungen, aus dem Gebiet des Gyrus sigmoideus und dessen Nachbarschaft (Katze, Hund) bezw. aus der Region der Centralwindungen und des Fußgebietes der Stirnwindungen herrührend, hauptsächlich unter Durchsetzung des mittleren und vorderen Teiles des hinteren Schenkels der Capsula interna und unter Umgehung der subkortikalen Ganglien zum Verlängerten Mark und zum Rückenmark abwärts zieht. Die hierhergehörigen centrifugalen Fasern umfassen die sog. Pyramidenbahn (Fig. 389) und die Leitungsbahnen der motorischen Gehirnnervenkerne (Fig. 390). Letztere liegen in der Nähe des Knies der inneren Kapsel, also vor der Pyramidenbahn, welcher der mittlere Teil des hinteren Schenkels der inneren Kapsel zufällt. Übrigens verlaufen auch einzelne Leitungen der motorischen Nerven, wie wir später sehen werden, durch den vorderen Schenkel der Capsula interna in der Nähe ihres Knies. — Dies ist der eine Hauptteil der centrifugalen Leitungsbahn.

Der zweite Anteil der centrifugalen Rindenbahnen erreicht die motorischen Endstätten des Verlängerten Markes und des Rückenmarkes nicht direkt, sondern durch Vermittlung einer Reihe von Ganglien des Gehirnstammes.

a) Die centralen Leitungsbahnen der willkürlichen Motilität.

Zunächst zu betrachten sind hier die Bestandteile der erstgenannten großen Gruppe centrifugaler Rindenbahnen.

Sie dienen, wie die experimentellen und klinischen Befunde einstimmig bezeugen, dazu, um alle willkürlichen Impulse, welche den

Fig. 388.
Allgemeine Übersicht des Verlaufes der Pyramidenbahn samt dem centralen Anteil des Facialis und des motorischen Trigeminus.

Anstoß zu den beabsichtigten Bewegungen geben, an ihren Bestimmungsort zu führen.

Die Verlaufsrichtung dieser Leitungsbahnen ist ohne weiteres aus den Erscheinungen bei der Reizung der hierhergehörigen Fasern, die sich als erregbar herausstellen, erkennbar; andererseits führt die Methode der Läsionen zur Darstellung ihrer Richtungsverhältnisse, denn die

Unterbrechung dieser centrifugalen Bahnen bewirkt Zustände motorischer Paralyse im Bereiche der kontralateralen Körperhälfte. Jene Methode hat meist in der Physiologie, diese in der Pathologie Dienste getan.

Über die Erregbarkeitsverhältnisse der weißen Substanz in den subkortikalen Regionen, sowie im Gebiete der Capsula interna liegen zahlreiche Erhebungen vor.



Fig. 389.

Die Hauptcentrifugalbahn des Vorderhirns und ihre Beziehungen zu der Substantia nigra (y), zu den Brückenganglien (Np) und zum Kleinhirn (bp).

Was die subkortikale weiße Substanz betrifft, so findet man schon in den Arbeiten über die kortikalen motorischen oder sensiblen Centra zugleich auch Angaben über die Folgeerscheinungen der Reizung der subkortikalen weißen Substanz.

Das allgemeine Ergebnis dieser Untersuchungen ist folgendes:

Da die Reizung der motorischen Rindencentra Bewegungen nach sich zieht, indem sich die eintretende Erregung der motorischen Leitungsbahnen (der Pyramidenbahn und der Leitungen der motorischen Gehirnnerven) mitteilt, so erscheint es natürlich, daß man eine lokali-

sierte motorische Wirkung auch durch die Reizung der subkortikalen weißen Substanz zu erzielen vermag. Der direkte Versuch bezeugt indessen, daß die Reizung der weißen Substanz der Hemisphären niemals ähnliche klonische Krämpfe hervorruft, wie sie im Falle der Reizung der motorischen Rindencentra auftreten. Außerdem fällt die Latenzzeit der Erregung der subkortikalen weißen Substanz, wie wir dies schon früher auf Grund einschlägiger Versuche feststellten, ein wenig kürzer aus, als die Latenzzeit der Reizung der entsprechenden Rindencentra.

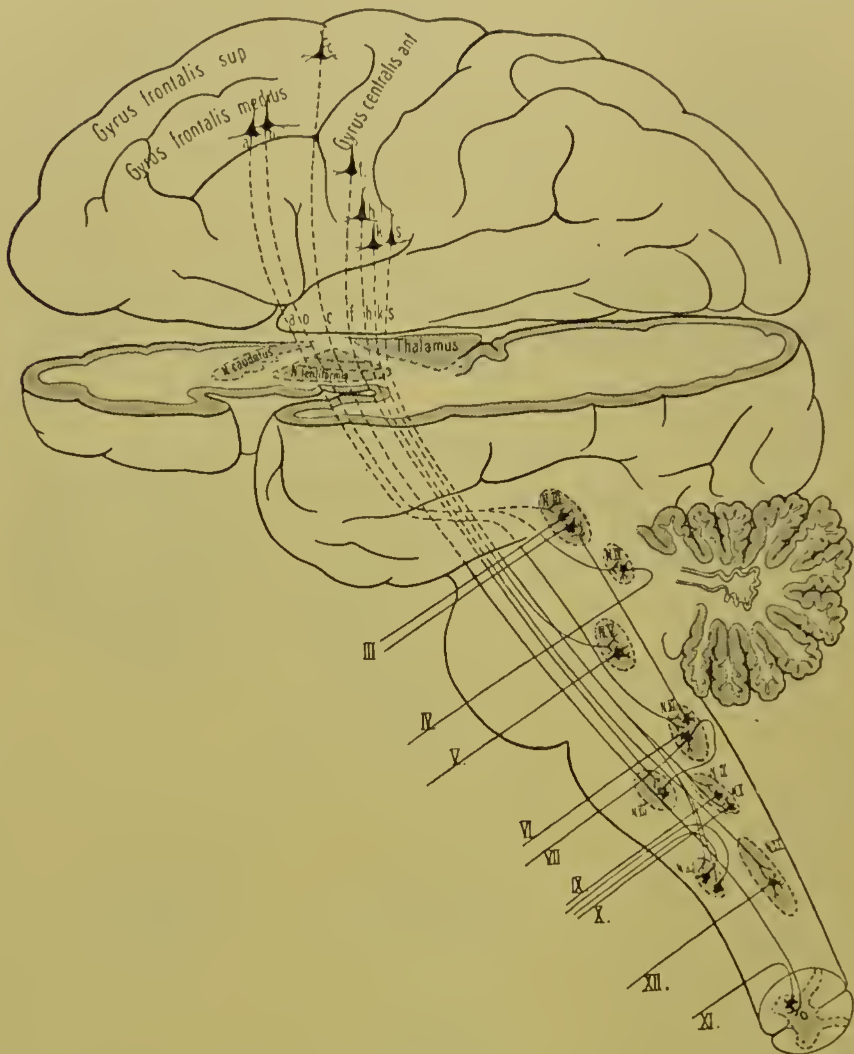


Fig. 390.
Rindenursprung und Verlauf der centralen Bahnen der sog. motorischen Gehirnnerven III—XII.

Diese beiden Tatsachen weisen augenscheinlich darauf hin, daß die Rindencentra sich bezüglich ihrer Erregbarkeit von den tieferliegenden motorischen Centren des Rückenmarkes und des Verlängerten Markes unterscheiden, deren Reizung, wie auch die Reizung der motorischen Leitungen im Bereiche der weißen Substanz der Hemisphären, niemals jenen feinklonischen Krampf erzeugt, welcher für die Reizung der motorischen Rindencentra so ungemein charakteristisch erscheint.

Einige Autoren versuchten, auf Grund der lokalisierten Bewegungen, welche man von der weißen Substanz aus erhält, die motorische Bahn in ihrer ganzen Ausdehnung bis zum Verlängerten Mark zu verfolgen. Gliki z. B. reizte (in Eckhard's Laboratorium) mit dieser Absicht die subkortikalen motorischen Leitungen und erzielte dabei krampfähnliche Bewegungen von einer und derselben Art bis hinab zum Verlängerten Mark; auf diese Weise ging er der gesamten motorischen Bahn während ihres cerebralen Verlaufes nach. Er untersuchte speziell die Leitungsbahnen des Centrums für die vordere Extremität und für die Lippe; die Reizung der hinzugehörigen Bahnen ergab zuweilen auch gleichzeitig Unterkiefer- bezw. Kaubewegungen.[1])



Fig. 391.
Frontaldurchschnitt eines Gehirns, um die Anordnung der weißen Fasermassen der inneren Kapsel zu zeigen.

Seitdem der Verlauf der Pyramidenbahn mittels der Degenerationsmethode vollständig dargestellt ist, haben derartige Reizungsversuche an der weißen Substanz wesentlich an Wert verloren.

1. *Die Lage der motorischen Leitungsbahn im Gebiete der inneren Kapsel.* — Von großer praktischer Bedeutung sind alle jene Befunde, welche auf eine Darstellung des Verlaufes der motorischen Bahn in der inneren Kapsel hinzielen. Denn hier sammeln sich die motorischen Fasern, aus den weit über die Gehirnoberfläche ausgebreiteten motorischen Centren herkommend, zu einem einzigen geschlossenen Faserbündel (Fig. 392).

---

[1]) Gliki, Zur Frage der elektrischen Erregbarkeit des Gehirns. Dissert. 1876.

Die ersten hierbezüglichen Untersuchungen sind schon älteren Datums.

Braun z. B. erzeugte mittels Reizung der weißen Substanz des Gehirns nach außen vorn am Corpus striatum von der eröffneten Ventrikelhöhle aus Kontraktionen der vorderen Extremität und der Gesichtsmuskeln der kontralateralen Seite.

Im früheren wurde bereits erwähnt, daß Landersohn bei der Reizung des Corpus caudatum lokalisierte Bewegungen der kontralateralen Gliedmaßen beobachtete, welche, wie sich später herausstellte, im Grunde auf die innere Kapsel bezogen werden mußten.

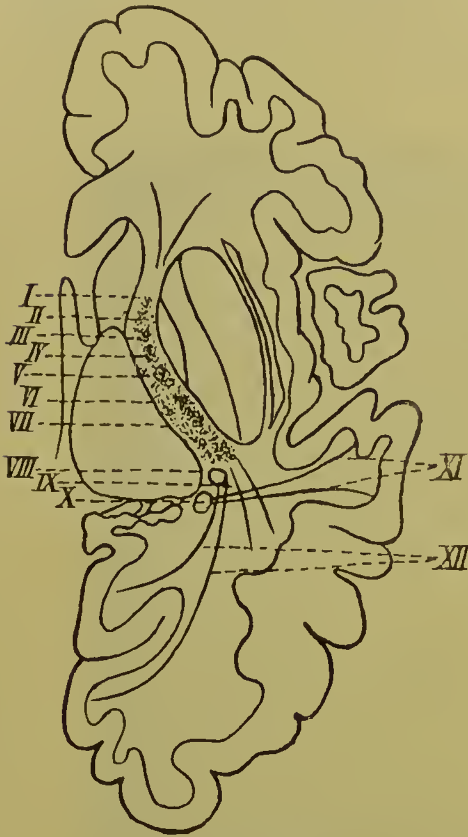


Fig. 392.

Die Anordnung der Faserzüge in der inneren Kapsel.

I Bahnen für die Augenbewegnngen; *II* Drehbewegungen des Kopfes; *III* und *IV* Gesicht, Zunge, Kehlkopf; *V* Hand; *VI* Bahnen für Haut- und Muskelsensibilität; *VII* Bein; *VIII* Sehbahnen vom lateralen Kniehöcker; *IX* Brückenbahnen; *X* Gehörleitung vom medialen Kniehöcker; *XI* subkortikale Gehörleitung; *XII* Gratioletsche Strahlung. — Nach vorne von *I* fronto-pontile Brückenbahn.

Eingehendere Untersuchungen über diese Verhältnisse sind an Katzen, Hunden, Kaninchen und Meerschweinchen von Minor, an Affen von Horsley und Beevor angestellt worden.

Auf Grund seiner Versuche über die motorische Lokalisation im Bereiche der weißen Substanz äußerte sich Minor in Übereinstimmung mit Gliki, Pitres, Wernicke u. A. in dem Sinne, daß jede bei der Rindenreizung erzielte Bewegung ihre eigene Bahn im Gebiete des Stabkranzes hat, und daß bestimmte Bewegungen immer von einem und demselben Punkte aus erzielt werden.[1])

In der Richtung von vorne nach hinten erhielt Minor beim Hunde zwischen Kopf und Schwanz des Nucleus caudatus folgende Bewegungen: Extension des Vorderbeins, Extension des Vorderbeins und Flexion des Hinterbeins, Öffnen der Augen, Schließen der Augen, Pleurosthonus der Rumpfmuskeln, Flexion des Hinterbeins, Anziehen der Ohrmuschel.

Beim Kaninchen und Meerschweinchen traten auf der gleichen Strecke nacheinander auf:

Kaubewegungen der kontralateralen Hälfte der Schnauze, Adduktion und Extension des Vorderbeins mit Spreizung der Zehen, Retraktion und Adduktion des Vorderbeins, Öffnen der Augen, Schließen der Augen, Extension des Unterschenkels mit Spreizung der Zehen, Anziehen der Ohrmuschel, zusammengesetzte Bewegungen bestehend in Adduktion des Vorderbeins und Abduktion des Hinterbeins der entgegengesetzten Seite, jedoch ergab die gleiche Stelle auch Anziehen des Vorderbeins

[1]) Minor, Über die Bedeutung des Corpus striatum. Dissert. 1882.

derselben Seite an den Hals, das Hinterbein der anderen Seite an den Bauch.

Bei der Katze erhielt er folgende Bewegungen:

Kontraktionen des kontralateralen Vorderbeins, Kontraktionen des kontralateralen Vorderbeins mit Schließen der Augen, starkes Anziehen der Ohrmuschel.

Demnach erfolgen die von dieser Gehirnstelle aus erzielbaren Bewegungen bei den Tieren in folgender Reihe: Vorderbein, Augenlider, Hinterbein, Ohr.

Im allgemeinen stimmt diese Reihenfolge der Bewegungen ziemlich gut mit den Befunden von Pitres am Menschen überein.

Epileptische Anfälle, wie sie Franck und Pitres angaben, beobachtete Minor nicht in seinen Fällen. Die Erscheinungen bei der Reizung des hinteren Schenkels der inneren Kapsel des Kaninchens, welche in zusammengesetzten Bewegungen sich äußern, liefern nach Minor eine Erklärung für die Befunde von Lussana und Lemoigne, wonach der Thalamus als motorisches Centrum für die Seitwärtsbewegungen der vorderen Extremität funktionieren soll. Wenn die gereizte Stelle dem Thalamus auch recht nahe liegt, dürfen die erwähnten Bewegungen nach Minor's Ansicht trotzdem nicht auf eine Reizung des Thalamus selbst bezogen werden.

Ganz besonders bemerkenswert für die hier behandelten Fragen sind aber die Befunde, welche von Horsley und Beevor an Affen gewonnen worden sind.[1])

Sie beruhen auf 45 Versuchen an Macacus, ausgeführt in Äthernarkose, fast sämtlich die linke Gehirnrinde betreffend.

Ganz zuerst wurde die Rinde untersucht, darauf die mittlere Gehirnarterie durchschnitten und dann mittels eines horizontalen Schnittes die innere Kapsel bloßgelegt. Die Reizung erfolgte mit Platinelektroden in einem Abstande von 1 mm, sodaß das gereizte Gebiet einen Flächenraum von 1 qmm umfaßte. Der Horizontalschnitt wurde auf Papier übertragen und die innere Kapsel auf der erhaltenen Zeichnung in qmm eingeteilt; diese wurde dann numeriert und dieser Numeration entsprechend der Reizungseffekt eingetragen. Nach Schluß eines jeden Experimentes wurde der Horizontalabschnitt photographisch aufgenommen. Die Reizung erfolgte stets in der Richtung von vorn nach hinten; so ergab sich die Möglichkeit, die Lage homologer Reizungspunkte in ihrem Abstand vom vorderen Ende der inneren Kapsel zu bestimmen und die relative Lage gleich funktionierender Bündel der inneren Kapsel, welche durch schwarze Quadrate bezeichnet wurden, zu eruieren. Zu bemerken ist, daß die Erregbarkeit der inneren Kapsel in acht verschiedenen Schnittebenen untersucht wurde.

Ich will aus den zahlreichen Versuchen nur die allerwesentlichsten Ergebnisse hier tunlichst kurz zusammenfassen:

Die Erregbarkeit der inneren Kapsel entspricht offenbar dem Verlaufe der motorischen Leitungsbahnen, welche von den Centralwindungen und von der hinteren Stirnlappenregion hier durchtreten. Die Faserzüge der Regio praefrontalis, welche im vorderen Schenkel der inneren Kapsel hindurchziehen, erscheinen demnach unerregbar, wie auch die Rinde der Regio praefrontalis sich als unerregbar darstellt.

Als unerregbar erweisen sich auch die aus den Schläfen- und

[1]) Horsley und Beevor, An experiment. investigation into the arrangement of the exitable fibres of the internal capsule of the Bonnet Monkey (Macacus sinicus). Philosophic. Transact. 1890.

Hinterhauptlappen herabsteigenden Faserbündel, welche im allerhintersten Abschnitt der Capsula interna anzutreffen sind.

Erregbar dagegen findet man die Fasern der Pyramidenbahn und der Gehirnnerven, welche im vorderen Abschnitt des hinteren Schenkels der inneren Kapsel und in der Nähe ihres Knies hindurchtreten.

Man erhält übrigens in den verschiedenen Schnittebenen der inneren Kapsel bei der Reizung nicht überall denselben Effekt. Dies ist bedingt durch die ungleiche Lage der motorischen Leitungsbahnen in den verschiedenen Höhen der inneren Kapsel. Auf dem allervordersten Horizontalschnitt z. B. liegt der erregbare Teil noch im vorderen Schenkel der inneren Kapsel; vom dritten Horizontalschnitt an und weiter abwärts rückt das erregbare Feld bereits in den hinteren Kapselschenkel hinüber.

Auch das allerhinterste Feld der inneren Kapsel ist auf den oberen Horizontalschnitten erregbar; aber schon auf dem dritten Horizontalschnitt — von oben gerechnet — erweist sich eben dieses Feld des hinteren Schenkels der inneren Kapsel als unerregbar und nimmt je weiter nach unten umsomehr an Ausdehnung zu.

Aus allen dem ist zu erklären, daß die topische Anordnung der motorischen Bahnen in den verschiedenen Ebenen des vorderen Schenkels der inneren Kapsel eine wechselnde ist, während die Verteilung der sensiblen Leitungsbahnen je nach der Höhenlage des Schnittes im allerhintersten Abschnitt der inneren Kapsel variiert.

Was die Aufeinanderfolge der einzelnen Körperregionen im Bereiche der inneren Kapsel anlangt, so stellt sie sich nach den Befunden von Beevor und Horsley in der Richtung von vorne nach hinten wie folgt dar: Öffnen der Augen, Deviation der Augen, Öffnen des Mundes, Deviation der Augen und des Kopfes, Rotation des Kopfes, Bewegungen der Zunge, des Ohres, des Mundes, der Schulter, des Ellenbogens, des Handgelenkes, der Finger, des Daumens, des Rumpfes, des Oberschenkels, des Fußgelenkes, des Knies, der großen Zehe, der übrigen Zehen.

Vergleicht man nun dieses Schema mit der topischen Anordnung der Rindencentra, so erkennt man ohne weiteres, daß die Verteilung der Centra in der inneren Kapsel nur eine Projektion der Rindenlokalisation darstellt.

In dieser Beziehung gelangen Beevor und Horsley zur Aufstellung folgender Sätze:

1. Die Faserzüge des erregbaren Teiles der inneren Kapsel liegen von vorne nach hinten entsprechend der topischen Anordnung der hinzugehörigen Rindencentra, wenn wir uns diese gradlinig in der Richtung des Sulcus Rolando aneinandergereiht denken;
2. diese Anordnung gilt sowohl für die großen Körperregionen, als auch für die kleineren Teile;
3. auch der Charakter der Bewegungen, welchen man von der inneren Kapsel aus erzielt, gleicht der Art und Weise der Bewegungen, welche bei der Rindenreizung auftreten.

Die Versuche von Beevor und Horsley liefern somit den Nachweis, daß die motorischen Faserbündel im Bereiche der inneren Kapsel mosaikartig entsprechend der topographischen Anordnung der Rindencentra gelagert sind.

Volle Beachtung verdienen auch die Befunde von BEEVOR und HORSLEY bei der elektrischen Reizung der inneren Kapsel des Orang-Utan [1]), woraus hervorgeht, daß auch bei diesem Anthropoiden in der inneren Kapsel eine feinere Differenzierung der einzelnen Bewegungen in derselben Weise vorhanden ist, wie bezüglich der Verteilung der Rindencentra. Man findet hier vorne Augen- und Kopfbewegungen, dann folgen Mund-, Zungen-, Finger-, Handgelenk-, Schulterbewegungen; den Schluß bilden Bewegungen der Beine, welche am meisten nach hinten lokalisiert erscheinen.

Diese physiologischen Befunde über die feinere Differenzierung der motorischen Fasern für verschiedene funktionelle Aufgaben in der inneren Kapsel erhalten eine weitere Stütze durch die Untersuchung der sekundären Degenerationen nach partiellen Exstirpationen der motorischen Centra der Gehirnrinde.

Einzelheiten dieser Untersuchungen übergehend — ich habe sie an einem andern Orte behandelt [2]) — beschränke ich mich hier auf die Bemerkung, daß für gewisse Gehirnnerven anscheinend zwei Leitungsbahnen bestehen, von welchen die eine in der Pyramidenbahn, die zweite in der Schleife bezw. innerhalb der akzessorischen Schleifenbündel verläuft. Ein Teil dieser Bündel tritt in der Vierhügelgegend wieder aus dem Bestande der Schleife aus und lagert sich in der Hirnschenkelbasis in der Nachbarschaft der Pyramidenbahn und gelangt so schließlich nach vorheriger Kreuzung in der Raphe zu den entsprechenden Kernen. Ein anderer Teil dieser Faserzüge, welcher im oberen Abschnitt des Hirnschenkels sich zur Schleife gesellt, steigt als akzessorisches Bündel bis zur Brücke und zum Verlängerten Mark hinab.

2. *Pathologische Beobachtungen.* — Schon vor diesen experimentellen Erhebungen hat CHARCOT auf Grund klinischer Nachweise den Satz aufgestellt, daß die motorischen Leitungsbahnen in der inneren Kapsel getrennt von den sensiblen Leitungen verlaufen.

Nach der Darstellung CHARCOT's [3]) zerfällt der hintere Schenkel der inneren Kapsel in funktioneller Beziehung in drei Teile:

Die beiden vorderen Drittel, welche von der Arteria lenticulostriata versorgt werden, enthalten die motorischen Leitungsbahnen. Infolgedessen bewirkt die Affektion dieser Stellen motorische Paralyse der kontralateralen Körperhälfte.

Das hintere Drittel der Capsula interna dagegen zwischen Linsenkern und Thalamus enthält die sensible Leitungsbahn, weshalb Erkrankungen dieser Gegend sensible Paralyse der kontralateralen Körperhälfte nach sich ziehen.

Wir sahen vorhin jedoch, daß die sensiblen Leitungen bei weitem nicht so scharf von den motorischen trennbar sind, daß sie vielmehr mit letzteren durchmischt erscheinen.

Späterhin teilte CHARCOT die vorderen zwei Drittel der inneren Kapsel nochmals in zwei verschiedene Felder: in das vordere Drittel verlegte er die Bahnen der Gehirnnerven, in dem dahinter befindlichen

---

[1]) BEEVOR und HORSLEY, Philosophic. Transactions, Bd. 181, S. 129—158.

[2]) W. BECHTEREW, Die Leitungsbahnen im Gehirn und Rückenmark, Leipzig 1899.

[3]) CHARCOT, Leçons sur la localisation. 1876.

mittleren Drittel der inneren Kapsel lokalisierte er die Leitungsbahnen für die Extremitätenbewegungen.

Man verfügt gegenwärtig bereits über eine ganze Reihe klinischer Feststellungen, welche mit Sicherheit erkennen lassen, daß die absteigenden Leitungsbahnen für die Gehirnnerven zum großen Teil im vorderen Drittel des hinteren Schenkels der inneren Kapsel hindurchtreten.

Pitres verfolgte die Lokalisationsverhältnisse der Motilität im Bereiche der weißen Substanz der Hemisphären bezw. im sog. Centrum ovale.[1])

Er zerlegte zu diesem Ende die gesamte weiße Substanz durch Frontalschnitte in drei Hauptteile: eine Regio praefrontalis, eine Regio fronto-parietalis und eine Regio occipitalis, von denen jede wiederum in kleinere Felder zergliedert wurde. Auf Grund klinischer Befunde nimmt Pitres an, daß von allen diesen Gebieten nur die Regio fronto-parietalis motorische Leitungsbahnen führt.

In diesem motorischen Teil des Centrums semiovale liegen die motorischen Leitungsbahnen nicht regellos durcheinander, sondern nehmen eine mehr oder weniger isolierte Lage ein. Wie Pitres vermutet und wie sich aus den Untersuchungen anderer Autoren ableiten läßt, liegen am meisten nach vorne die Leitungen für die Sprache: dann folgen in der Richtung nach hinten die Bahnen für die Muskeln der oberen Extremität und des Gesichtes, dann die Bahnen der Gesichtsmuskeln allein, daran schließen sich die Bahnen für die obere und untere Extremität.

Man muß aber nicht vergessen, daß eine Abgrenzung der motorischen Leitungen für die verschiedenen Körperteile nur noch in den subkortikalen Gehirngebieten und innerhalb der weißen Substanz durchführbar ist. Im Gebiete der inneren Kapsel jedoch liegt eine solche Abgrenzung außerhalb des Bereiches der Möglichkeit.

Marie und Guillain gelangen in ihren schon vorhin erwähnten Untersuchungen[2]) zu dem Schluß, daß die Ausfallserscheinungen im motorischen Gebiet der inneren Kapsel stets eine bemerkenswerte Regelmäßigkeit aufweisen, daß eine Lokalisation der einzelnen Körperteile (Arm, Bein, Hals usw.) in dieser Region aber nicht durchführbar erscheint, da die motorischen Fasern sich dicht mit einander verweben, sodaß schon geringfügige Affektionen dieser Gegenden zur Degeneration der gesamten Pyramidenbahn führen.

Im ganzen und großen stimmen also die Ergebnisse der mitgeteilten klinischen Erhebungen ziemlich gut mit dem überein, was das Tierexperiment über die Lokalisation der willkürlich-motorischen Leitungsbahnen im Bereiche der inneren Kapsel ergeben hat.

Meine in Verbindung mit Dr. Protopopow ausgeführten Untersuchungen der assoziativ-motorischen Reflexe an Hemiplegikern mit Zerstörung der inneren Kapsel haben gezeigt, daß diese Reflexe auf der gelähmten Seite ganz und gar nicht zu erziehen sind, während sie auf der nicht gelähmten Seite in der gewöhnlichen Weise auftreten. Dies hängt wahrscheinlich mit einer Unterbrechung der Pyramidenbahn in der inneren Kapsel zusammen.

---

[1]) A. Pitres, Récherches sur les lésions du centre ovale. Thèse de Paris 1877.
[2]) Marie et Guillain a. a. O.

Hier darf schließlich angemerkt werden, daß in der Klinik gar nicht selten Fälle reiner motorischer Aphasie beobachtet werden, wobei die innere Sprache, sowie Schreiben und Lesen erhalten ist, ein Zustand, welcher von allen Autoren auf eine subkortikale Affektion der linken Hemisphäre im Gebiete der dritten Stirnwindung bezogen wird.

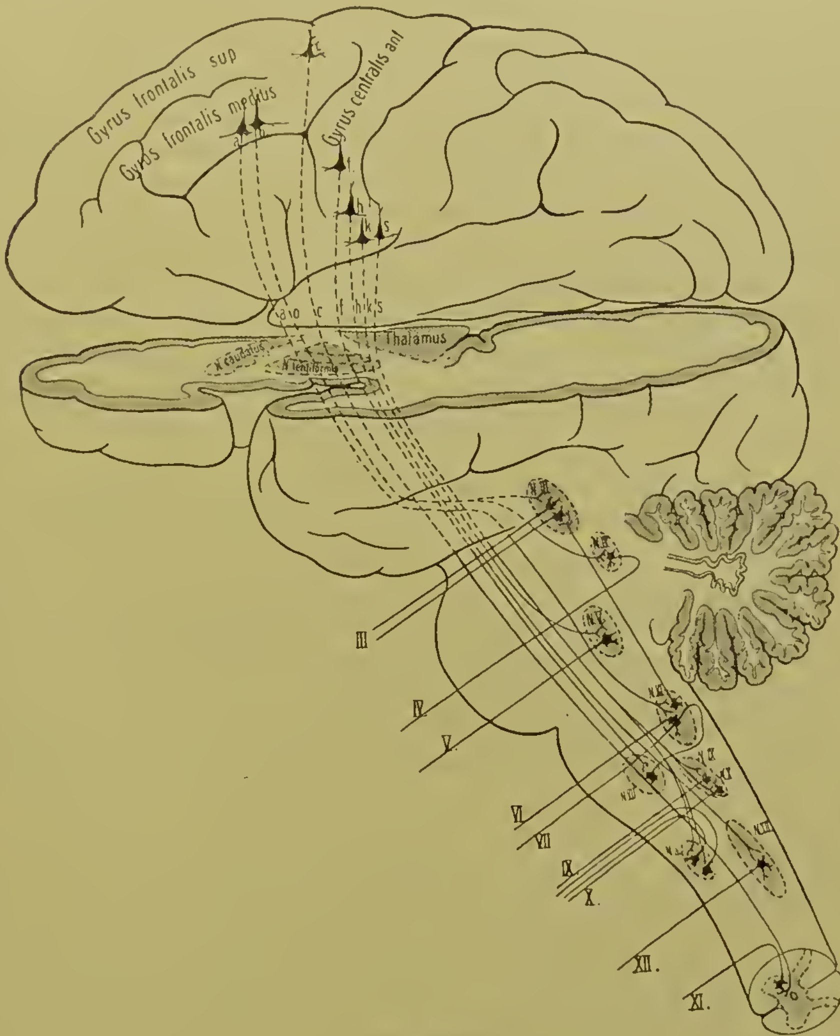


Fig. 393.
Rindenursprung und Verlauf der centralen Bahnen der sog. motorischen Gehirnnerven III—XII.

3. *Der Verlauf der centrifugalen Gehirnnerven im vorderen Schenkel der inneren Kapsel.* — Daß durch den vorderen Schenkel der inneren Kapsel auch ein bestimmter Teil der centralen Gehirnnervenleitung (Fig. 393) hindurchtritt, unterliegt jetzt keinem Zweifel.

Aus einer Reihe von Befunden meines Laboratoriums (Dr. Gerver) geht mit Sicherheit hervor, daß gerade in diesem Teil der inneren Kapsel die Leitungsbahnen für die assoziierten seitlichen Augenbewegungen verlaufen, ein Satz, mit welchem auch die späteren Erhebungen von Pilz vollkommen übereinstimmen. Die Exstirpation der frontalen Rindencentra der Augenbewegungen bewirkt eine Faserdegeneration, welche

sich längs dem Stabkranz abwärts bis in den vorderen Schenkel der inneren Kapsel hinein erstreckt und von da in den medialen Abschnitt der Basis pedunculi cerebri, dessen zweites Viertel, von innen gezählt, okkupierend, sich verfolgen läßt. Nach und nach aus dem Bereiche des Hirnschenkelfußes heraustretend, begeben sich diese Fasern alsdann zu den Kernen der Augenmuskelnerven; ein großer Teil derselben gewinnt den Abducenskern der anderen Seite und nur ein geringer Teil sucht den Abducenskern der gleichen Seite auf. Die Verbindung der Abducenskerne mit dem Oculomotorius und Trochlearis der anderen Seite vollzieht sich bekanntlich vermittelst gewisser Fasern des hinteren Längsbündels, wie dies durch Präparate meines Laboratoriums (Dr. Gerver) erhärtet wird. — Außerdem aber besteht ein direkter Zusammenhang der kortikalen Augenbewegungscentra mit dem Oculomotorius- und Trochleariskern der gleichen und zum Teil auch der anderen Seite.[1]) In dem Vierhügelgebiet dagegen findet man nach dem vorhin genannten Eingriff gar keine Degenerationserscheinungen, wie aus diesbezüglichen Befunden meines Laboratoriums zu erkennen war. Daraus folgt, daß die Vierhügel für die Herstellung der Verbindung zwischen den frontalen Rindencentren der Augenbewegungen und den Kernen der Augenmuskelnerven keine Bedeutung haben können.

Pilz konnte nach der Abtragung des frontalen Augenfeldes nur die Rindenverbindungen mit den Kernen der Augenmuskelnerven verfolgen. Außer Erscheinungen von Degeneration in den Nachbarwindungen, im Corpus callosum, im vorderen Schenkel der inneren Kapsel, in der Lamina medullaris interna des Globus pallidus und in der Zwischenschicht der Haube, sowie im medialen Felde des Hirnschenkels fand er in der Pedunculusgegend nach oben und innen ziehende degenerierte Fasern. Um zu dem Oculomotoriuskern der gleichen Seite zu gelangen, begeben sich einige der Fasern wie es scheint über die Raphe hinweg auf die andere Seite, wahrscheinlich zum Kern der anderen Seite.

Diese Versuche stellen es demnach mit Sicherheit fest, daß das frontale Centrum der Augenbewegungen mit dem Abducenskern vorwiegend der anderen Seite und mit dem Oculomotorius- und Trochleariskern vorwiegend der gleichen Seite im Zusammenhange steht.

Wie man experimentell erkennt, ist das Abducenssystem gegenüber dem Oculomotorius-Trochlearissystem in funktioneller Beziehung stärker und überwiegend. Daher bewirkt die Reizung des frontalen Rindencentrums der Augenbewegungen, zum mindesten beim Hunde, vorzugsweise seitliche Augendeviationen. Wird aber der Abducenskern zerstört, dann tritt das zweite Fasersystem in Aktion, welches das frontale Augenfeld mit den Kernen des Oculomotorius und Trochlearis verbindet, und man erhält nun bei der Reizung des gleichen Centrums Augapfelbewegungen nach oben oder nach unten. Doch erzielt man auch bei Unversehrtheit des Abducenssystems von dem frontalen Centrum aus, wenigstens bei den Affen, unter Umständen nicht nur seitliche Augendeviationen, sondern, wie wir wissen, auch Bulbusbewegungen nach oben und nach unten.

---

[1]) Pilz, Über centrale Augenmuskelbahnen. Neurolog. Centralblatt 1902, Nr. 11.

Die klinischen Erfahrungen stimmen mit diesen Befunden vollauf überein. Denn bei kortikalen und subkortikalen Herden im Fußteile des Stirnlappens und im vorderen Schenkel der inneren Kapsel beobachtet man für gewöhnlich seitliche Augendeviationen nach der dem Herde entgegengesetzten Richtung.

Zustände von Paralyse der Augenbewegungen nach oben bezw. nach unten sind in mehreren Fällen beschrieben worden (Adamuk, Nieden[1]), Eisenlohr[2]) u. A.).[3]) Ich selbst habe sie ebenfalls mehrfach angetroffen. In einem Fall einer unzweifelhaft organischen Affektion, welche nach einem Insult auftrat, bestand bei dem Kranken außer vorübergehenden Anfällen von Schwindelgefühl und bei Mangel anderer Erscheinungen die Unfähigkeit, die Augen zu senken, sodaß er, um nach unten zu sehen, den Kopf nach dieser Richtung hin bewegen mußte. Die Prüfung der Augenbewegungen durch Fixation eines Fingers ergab in diesem Fall keine anderen Störungen, außer dem Unvermögen, den Augapfel nach unten zu bewegen.

Ein analoger Fall ist von Crouzon und Babinsky beobachtet worden, doch dachten einige (Crouzon, Marie) hier an einen Krampf der Aufwärtsbeweger und an eine funktionelle Affektion, andere (Babinsky, Parinaud) an einen organischen Herd.[4])

In meinem vorhin erwähnten Fall war es jedoch ganz zweifellos, daß es sich um eine Lähmung der Abwärtsbewegungen der Augäpfel handelte.

Offenbar besteht für diese Bewegungen, sowie für die Aufwärtsbewegungen der Augäpfel eine besondere Leitungsbahn. Sie zieht durch den vorderen Schenkel der inneren Kapsel und lagert sich nach den Angaben von Bleuler und Monakow in dem Teil der Haube, welcher sich seitwärts von der Region des Oculomotoriuskerns befindet und von der Formatio reticularis und von der mittleren Markschicht des vorderen Vierhügels okkupiert ist.

Auch die absteigenden Leitungsbahnen von dem frontalen Pupillen- und Akkommodationscentrum, welche sich direkt zu den Oculomotoriuskernen begeben, treten höchstwahrscheinlich ebenfalls im vorderen Schenkel der inneren Kapsel hindurch.

Wenigstens verbreitet sich im Gefolge der Exstirpation des vorderen kortikalen Akkommodationscentrums die eintretende absteigende Degeneration, wie Versuche meines Laboratoriums (Dr. Bêlicki) bezeugen, durch den vorderen Schenkel der inneren Kapsel und die Hirnschenkelbasis bis zu den Oculomotoriuskernen und bis zur Region des hinteren Längsbündels.

Im vorderen Schenkel der inneren Kapsel verlaufen ferner die aus ihren Rindencentren herkommenden centrifugalen Leitungsbahnen für die Seitwärtsbewegungen des Kopfes. Herde im Gebiete dieser Kopfbewegungscentra führen daher zu Deviationen des Kopfes nach der dem

---

[1]) Nieden, Assoziierte Blicklähmung nach Schielen. Centralbl. f. prakt. Augenheilkunde 1880.

[2]) Eisenlohr, Zur Diagnose der Vierhügelerkrankungen. Zit. nach Haenel, Klinischer Beitrag zur Kenntnis der Erkrankungen des Hirnschenkels. Deutsche Zeitschr. f. Nervenheilk., Bd. 17, S. 505.

[3]) Graefe, Graefe-Sämisch, Handbuch der Augenheilk., S. 58.

[4]) Crouzon et Babinsky, Verhdl. der Pariser Neurolog. Gesellsch. 1900.

Herde entgegengesetzten Seite. Die Nachbarlage dieser Leitungen mit den Bahnen der Augapfelbewegungen bedingt es, daß die seitlichen Deviationen des Kopfes gewöhnlich mit gleichsinnigen Augapfelbewegungen assoziiert sind.

b) Die extrapyramidalen Centrifugalbahnen.

Schon vor vielen Jahren habe ich es durch Tatsachen belegt[1], daß die Pyramidenbahn, sowie die centralen absteigenden Leitungen der Gehirnnerven nicht die einzigen motorischen Bahnen darstellen, welche die Hirnrinde mit den motorischen Ganglien der spinalen Vordersäulen bezw. mit den motorischen Kernen der Medulla oblongata verbinden und daß auch gewisse Bahnen der Formatio reticularis und der Grundbündel des Rückenmarkes, welche mit dem Thalamus, mit den Vierhügeln und dem Globus pallidus in Verbindung stehen, die Leitung der Motilität übernehmen. Diese subkortikalen Ganglien, welchen im Bereiche der reflektorischen Organismusfunktionen unzweifelhaft eine hervorragende Rolle zugewiesen ist, sind entschieden in wesentlichem Grade bei der Leitung der unwillkürlichen Bewegungsimpulse beteiligt.

Ich erwähnte vorhin bereits, daß die Pyramidenbahn, welche die kortikalen Bewegungscentra mit den Rückenmarkscentren in Verbindung setzt, zur Verwirklichung der isolierten oder Zweckbewegungen bestimmt ist. Für die Allgemeinbewegungen der Extremitäten ist die Existenz der Pyramidenbahn keine notwendige Vorbedingung. Denn auch nach vollzogener Durchschneidung der Pyramiden bleibt das Lokomotionsvermögen der Versuchstiere erhalten, wie ich dies früher eingehender darlegte.

Es liegt nun eine ganze Reihe von Ermittelungen vor (Brown-Séquard, Wertheimer, Lepage, Prus, Hering, Rothmann u. A.), welche nicht nur die Existenz einer besonderen extrapyramidalen Leitungsbahn, sondern auch ihre Kreuzung oberhalb der Pyramiden bezeugen. Als physiologischer Beweis für das Vorhandensein besonderer subkortikaler motorischer extrapyramidaler Leitungsbahnen ist u. a. das Verhalten der epileptischen Krämpfe in den Versuchen von Prus namhaft zu machen.

Um festzustellen, ob die Bewegungen des epileptischen Krampfes durch Vermittelung der Pyramidenbahn oder auf anderen Wegen zu Stande kommen, durchschnitt Prus beim Hunde die Pyramidenbahn an verschiedenen Stellen. Wie sich nun dabei herausstellte, vollzieht sich der epileptische Anfall wie gewöhnlich auf beiden Seiten, wenn man die Pyramidenbahn einseitig im Gebiete der inneren Kapsel (nach der Methode von Veyssière), im Gebiete des Hirnschenkels (durch die Schädelbasis nach der von mir vorgeschlagenen Methode) durchschneidet, oder falls man die ganze Hirnschenkelbasis und die Varolsbrücke, die eine Pyramide oder den Seitenstrang oder selbst die eine Hälfte des Rückenmarkes durchtrennt. Die Ausbildung des epileptischen Anfalles bei der Reizung wird auch nicht verhindert, wenn man beide Pyra-

---

[1] W. Bechterew, Physiologie der motorischen Zone der Gehirnrinde. Archiv psihiatr. 1886—1887. — Die Leitungsbahnen im Gehirn und Rückenmark, 1886, Bd. 1, S. 386—389.

midenbahnen im Hirnschenkelbereiche, beide Pedunculi (also außer den Pyramidenbahnen auch die frontale und occipito-temporale Brückenbahn), den unteren Teil der Varolsbrücke beiderseits einschließlich der Pyramidenbahn oder beide Pyramiden durchschneidet.

Offenbar also finden sich die Leitungen, welche die Rindenerregung im epileptischen Anfalle übertragen, wie aus diesen Versuchen hervorgeht, weder in der Pyramidenbahn noch in den übrigen Leitungsbestandteilen der Hirnschenkelbasis.

Sobald man aber den oberen Teil (Haube) des Mittelhirns bei Erhaltung des Hirnschenkelfußes, wo die Pyramidenbahn und die Rindenverbindungen der Brücke enthalten sind, durchtrennt, rufen selbst starke Ströme von der Rinde aus nicht mehr den epileptischen Anfall hervor, wenngleich dabei die Reizung der motorischen Rindencentra deutliche Kontraktionen der entsprechenden Muskeln bewirkt, welche sogleich fortfallen, wenn die Reizung aufhört. Dabei verliert, wie Prus bemerkt, das Versuchstier nicht einmal das Bewußtsein (?), kurz, es hat Krämpfe infolge von Reizung der Pyramidenbahn, aber zur Ausbildung des epileptischen Anfalles kommt es dabei nicht.

Auf Grund aller dieser Versuchsergebnisse gelangt Prus zu der Annahme, daß

1. die Pyramidenbahn, sowie die frontale und occipito-temporale Brückenbahn an der Fortleitung der Krämpfe der kortikalen Epilepsie keinen Anteil haben;

2. die Leitung der rindenepileptischen Krämpfe durch besondere centrifugale motorische Fasern sich vollzieht, welche außerhalb der Pyramidenbahn und außerhalb der frontalen und occipito-temporalen Brückenverbindungen gelegen sind;

3. diese „extrapyramidalen“ Leitungsbahnen in dem oberen oder dorsalen Teile des Mittelhirns (Tegmentum und Substantia nigra) verlaufen.

Im Falle einer Durchschneidung einer Hälfte des Mittelhirns erhielt Prus in einer Reihe weiterer Versuche bei der Rindenreizung bilaterale Anfälle. Es tritt, wie Prus erkannte, eine Generalisierung des Anfalles durch die graue Substanz des Mittelhirns, des Verlängerten Markes und des Rückenmarkes ein.

Behufs Darstellung des Verlaufes der extrapyramidalen Bahn durchschnitt Prus nach erfolgter Cocainisierung der Gehirnrinde die Pyramidenbahnen. Demungeachtet treten aber bei der Reizung im Bereiche der motorischen Zone Muskelkontraktionen auf. Daraus folgt mit Sicherheit, daß besondere extrapyramidale Leitungsbahnen existieren, welche, wie das Experiment bezeugt, einer Kreuzung unterliegen. Prus sucht zu beweisen, daß die physiologische Bedeutung dieser Bahnen in der Leitung der assoziierten Bewegungen steht, daß sie aber nicht zur Leitung der Einzelbewegungen, welche von der Pyramidenbahn übernommen wird, bestimmt sind. Er gibt zwar zu, daß die extrapyramidale Bahn auch willkürliche Impulse leitet, aber nur solche für Gruppenbewegungen und für die Koordination und Assoziation von Bewegungen. Da die assoziierten Bewegungen in der Regel reflektorisch zu Stande kommen, so faßt Prus auch den epileptischen Anfall als Ausdruck eines Gruppenreflexes auf, bei welchem die extrapyramidalen Bahnen die Hauptrolle spielen. Gleich allen anderen Reflexen besteht

der epileptische Anfall nach der Ansicht von Prus aus drei Stadien: 1. einer Periode der Reizung der sensiblen Elemente der Gehirnrinde, 2. einer Periode der Reizung der Reflexcentra, und 3. einer Periode der Reizung der centrifugalen Leitungsbahnen.

Das Zustandekommen einer Kompensation des Ausfalles der Pyramidenbahn bei Affektionen dieser letzteren findet in dem Vorhandensein extrapyramidaler motorischer Leitungsbahnen eine hinreichende Erklärung.

Man erkennt zugleich, daß Impulse zu Einzelbewegungen, welche gewöhnlich den Weg der Pyramidenbahn einschlagen, auch von den extrapyramidalen Leitungen übernommen werden können. Dazu stimmen Kalischer's Befunde am Papagei, welcher eine Pyramidenbahn überhaupt nicht hat und doch Einzelbewegungen regelrecht auszuführen vermag.

Experimentelle Ergebnisse. — Ich selbst vertrete, wie schon vorhin erwähnt wurde, in dieser Beziehung seit jeher den Standpunkt, daß im Centralnervensystem außer der willkürlich-motorischen oder Willkürbahn, welche durch die Pyramidenfasern dargestellt werden und an der Basis des Gehirnstammes verlaufen, noch andere motorische Leitungen vorhanden sind.

Ich stütze diese Auffassung in verschiedenen diesen Gegenstand gewidmeten Untersuchungen durch folgende Gesichtspunkte:

1. Man erhält durch die Reizung der Hirnrinde Bewegungserscheinungen nicht nur vom Verästelungsbereich der Pyramidenbahn, also von den Centralwindungen und dem Fußteile der Stirnwindungen aus (Gyrus sigmoideus des Hundes), sondern auch von anderen Stellen der Gehirnrinde, wie z. B. von der Parietalregion, ganz abgesehen vom Hinterhaupt- und Schläfenlappen, welche zu der Pyramidenbahn gar nicht in Beziehungen stehen. Diese Regionen erweisen sich zwar als weniger erregbar und es bedarf, um hier eine motorische Wirkung zu erzielen, der Anwendung stärkerer Ströme, weshalb ich seiner Zeit in der Gehirnrinde besser erregbare und weniger erregbare Punkte oder Felder unterschied.[1]) Immerhin aber war es mit Sicherheit aus meinen Versuchen abzuleiten, daß die zirkuläre Umschneidung solcher Gebiete das Eintreten der motorischen Wirkung nicht aufhebt.

2. Die Abtragung der eigentlichen motorischen Rindenzone schließt das Zustandekommen einer motorischen Wirkung bei der Reizung anderer Rindengebiete nicht aus. Daraus folgt, daß die motorischen Wirkungen, welche man von diesen Stellen aus erzielt, durch selbständige Leitungen außerhalb des Bereiches der Pyramidenbahn fortgeleitet werden.

3. Im Falle der totalen Zerstörung der motorischen Zone der Gehirnrinde behalten die Versuchstiere, wie ich dies ebenfalls schon vor langer Zeit betont habe, eine ganze Reihe von Bewegungen bei, namentlich sämtliche Ausdrucksbewegungen, und sie bleiben zugleich im Besitze des Lokomotionsvermögens.

4. Man kann motorische Wirkungen bekanntlich durch die Reizung von Ganglien, wie Thalamus und Vierhügel, hervorrufen, deren Faser-

---

[1]) W. Bechterew, Physiologie der motorischen Zone der Gehirnrinde a. a. O.

systeme der Haube des Gehirnstammes angehören und zu den Pyramidenbahnen nicht in näheren Beziehungen stehen.

5. Die Durchschneidung der Pyramidenbahn auf einer und selbst auf beiden Seiten hebt, wie auch meine Versuchsergebnisse bezeugen, weder die lokomotorischen noch die Ausdrucksbewegungen auf, noch auch wird dadurch die Möglichkeit, durch Rindenreizung Krämpfe hervorzurufen, vernichtet.

Die lokomotorischen Bewegungen leiden dabei natürlich, jedoch verliert das Tier nicht das Gehvermögen und zudem werden die Motilitätsstörungen mit der Zeit kompensiert. Neuerdings wurden diese Befunde in meinem Laboratorium durch Spezialuntersuchungen mit Durchschneidung der Pyramiden bestätigt (Dr. Protopopow).

Nach allem dem gehören also zu den centrifugalen motorischen Leitungsbahnen der sensitiv-motorischen Rindenzone außer der Pyramidenbahn noch Fasersysteme, welche die sensitiv-motorische Zone der Gehirnrinde mit dem Thalamus, mit dem Linsenkern bezw. Globus pallidus, mit dem Vierhügel, mit der Substantia nigra, endlich mit der Brücke in Verbindung setzen.

Zu den centrifugalen Leitungsbahnen des vorderen Abschnittes der sensitiv-motorischen Zone sind außerdem die Fasern der fronto-pontilen Bahn zu rechnen, welche zu den Brückenganglien gelangen.

1. Die Rinden-Thalamusbahnen.

Ich wende mich nun zur Darstellung des Verlaufes und der sonstigen Anordnung der einzelnen Systeme, welche dem Gebiete der extrapyramidalen motorischen Leitungsbahnen angehören.

Durch den Thalamus verlaufen speziell alle jene unwillkürlichen motorischen Leitungsbahnen (Fig. 394), welche im Dienste der Affektbewegungen und der mimischen Bewegungen stehen. Außerdem treten im Thalamus hindurch die Bahnen für die lokomotorischen Bewegungen und eine ganze Reihe von Leitungen, welche den inneren Körperorganen angehören.

Diese Sätze ergeben sich schon aus den funktionellen Zuständen des Thalamus, welche wir schon früher kennen lernten. Denn der Thalamus ist an dem Zustandekommen der Affekt- und lokomotorischen Bewegungen, sowie in der psycho-reflektorischen Beeinflussung der Motilität der inneren Organe wesentlich beteiligt.

Was speziell die Leitungsbahnen betrifft, welche zur Verwirklichung der Ausdrucks- oder Affektbewegungen bezw. der mimischen Bewegungen dienen, so wird ihr Durchtritt durch den Thalamus aus folgendem ersichtlich: Wenn man die gesamte motorische Zone der Gehirnrinde abträgt und dadurch die Pyramidenbahn von oben nach unten zur Degeneration bringt, so kommt es dabei nicht zu irgend welchen Störungen der Affektbewegungen. Schon in meinen Versuchen an der motorischen Rindenzone[1]) habe ich dargetan. daß Hunde, welchen man die motorische Rindenzone abgetragen hat, Zeichen der Bosheit, Freude usw. ebenso wie gesunde Tiere von sich geben. Analoge Beobachtungen sind später von Goltz und anderen gemacht worden.

---

[1]) W. Bechterew, Physiologie der motorischen Zone usw. a. a. O. 1886.

Man darf daraus schließen, daß die Ausdrucksbewegungen nicht durch eine Betätigung der Pyramidenbahn zu Stande kommen, sondern unter Zuhilfenahme von Bahnen, welche durch irgendwelche subkorti-

Fig. 394.

Die durch den Thalamus tretenden absteigenden Leitungsbahnen.

a Fasern, die vom Thalamus längs der Raphe abwärts verlaufen; *b* Fasern vom Thalamus zum Nucleus reticularis tegmenti; *c* Fasern vom Thalamus zum lateralen Schleifenkern; *cp* Fasern der Commissure posterior; *d, d'* Fasern vom Thalamus zum Nucleus ruber der gleichen und der entgegengesetzten Seite; *e* Fasern vom Thalamus zum Stratum superficiale des oberen Vierhügels; *fp* absteigende Fasern des hinteren Längsbündels; *m* Nucleus medialis thalami; *nci* Substantia reticularis grisea: *nll* lateraler Schleifenkern: *nm* Nucleus medianus; *nrs* Nucleus reticularis tegmenti; *q* weiterer Verlauf der Fasern *a*; *ra* vordere Rückenmarkswurzeln; *t* Fasern vom Nucleus reticularis zum Rückenmark; *ti* cortico-thalamische Fasern zum Nucleus medialis thalami; *tg* cortico-thalamische Fasern vom kortikalen Stimmcentrum; *tr* Tractus rubro-spinalis.

kale Ganglien hindurchtreten. Aus Spezialversuchen ergibt sich aber, daß von allen subkortikalen Ganglien gerade die Thalami es sind, welche das Zustandekommen der Ausdrucksbewegungen herbeiführen.

Alle diese Tatsachen und Gesichtspunkte führen zu dem Ergebnis, daß die Leitungsbahnen für die Ausdrucksbewegungen durch Thalamus-

fasern dargestellt werden, welche zum größten Teil nicht aus der motorischen Zone der Gehirnrinde herrühren.

Es läßt sich ferner experimentell leicht feststellen, daß auch die präfrontale Rindenregion für das Zustandekommen der psycho-reflektorischen Ausdrucksbewegungen keine wesentliche Bedeutung hat. Denn die bilaterale Abtragung dieser Rindenregionen wirkt nicht in wesentlichem Grade auf das psychische Ausdrucksvermögen der Versuchstiere.

Es bleiben somit nur der Parietal-, Occipital- und Temporallappen übrig als Gebiete, wo in erster Linie psychische Impulse für das Zustandekommen der Ausdrucksbewegungen ihren Ursprung nehmen können. In der Tat macht die Exstirpation dieser Regionen der Gehirnrinde die operierten Versuchstiere auffallend stumpf und beraubt sie der charakteristischen (nicht rein reflektorisch bedingten) Ausdrucksbewegungen.

Darnach also erscheint es zweifellos, daß die Rindengebiete, welche hinter dem Gyrus sigmoideus und den Centralwindungen liegen, Teile darstellen, wo vor allem die Impulse auftauchen können, welche zu der Anregung von Ausdrucksbewegungen dienen.

Somit würden die Verbindungen der Parietalrinde mit dem Thalamus Leitungsbahnen für die Impulse der Ausdrucksbewegungen enthalten, welche durch Haut- und Muskeleindrücke angeregt werden. In analoger Weise dienen ja die Verbindungen des Riech- und Hörfeldes der Gehirnrinde mit dem Thalamus zur Verwirklichung der durch die entsprechenden Sinneswerkzeuge angeregten unwillkürlichen Ausdrucksbewegungen.

Diese Verhältnisse weisen entschieden darauf hin, daß die Mehrzahl der unwillkürlichen Ausdrucksbewegungen ohne ein Hinzutun der motorischen Rindenzone vonstatten geht. Wenn das motorische Rindenfeld nichtsdestoweniger mit dem Thalamus in anatomischer Verbindung steht, wie dies durch entsprechende Befunde dargetan wird, so haben die dabei beteiligten Verbindungsfasern offenbar eine andere Bestimmung, nämlich die, der Thalamusregion willkürliche Impulse von der Rinde her zu übermitteln.

Auch die klinischen Beobachtungen deuten mit Bestimmtheit auf die Existenz extrapyramidaler Centrifugalbahnen hin, welche bestimmt sind, Impulse zu unwillkürlichen mimischen oder Affektbewegungen den tieferliegenden Gehirnregionen mitzuteilen.

Es liegen Beweise vor, daß das Spiel der mimischen Gesichtsmuskeln des Menschen, also das Hauptgebiet der Ausdrucksbewegungen eigene Bahnen hat, welche von den willkürlichen Leitungen getrennt durch den Thalamus hindurchtreten. Wird bei einer von Hemiplegie oder Paralyse des Facialis begleiteten Herdaffektion, bemerkt NOTHNAGEL[1]), die willkürliche Motilität der Gesichtsmuskeln aufgehoben, aber beide Gesichtshälften sich an den psychischen Bewegungen (Lachen, Weinen, Schmerzausdruck usw.) in gleichem Maße beteiligen, dann darf man annehmen, daß der Thalamus und seine Rindenverbindungen unversehrt sind.

Es kommen aber auch Fälle vor, wo die mimischen Antlitzbewegungen bei Erhaltung der willkürlichen Motilität der Gesichtsmuskeln

---

[1]) NOTHNAGEL, Topische Diagnostik, S. 235.

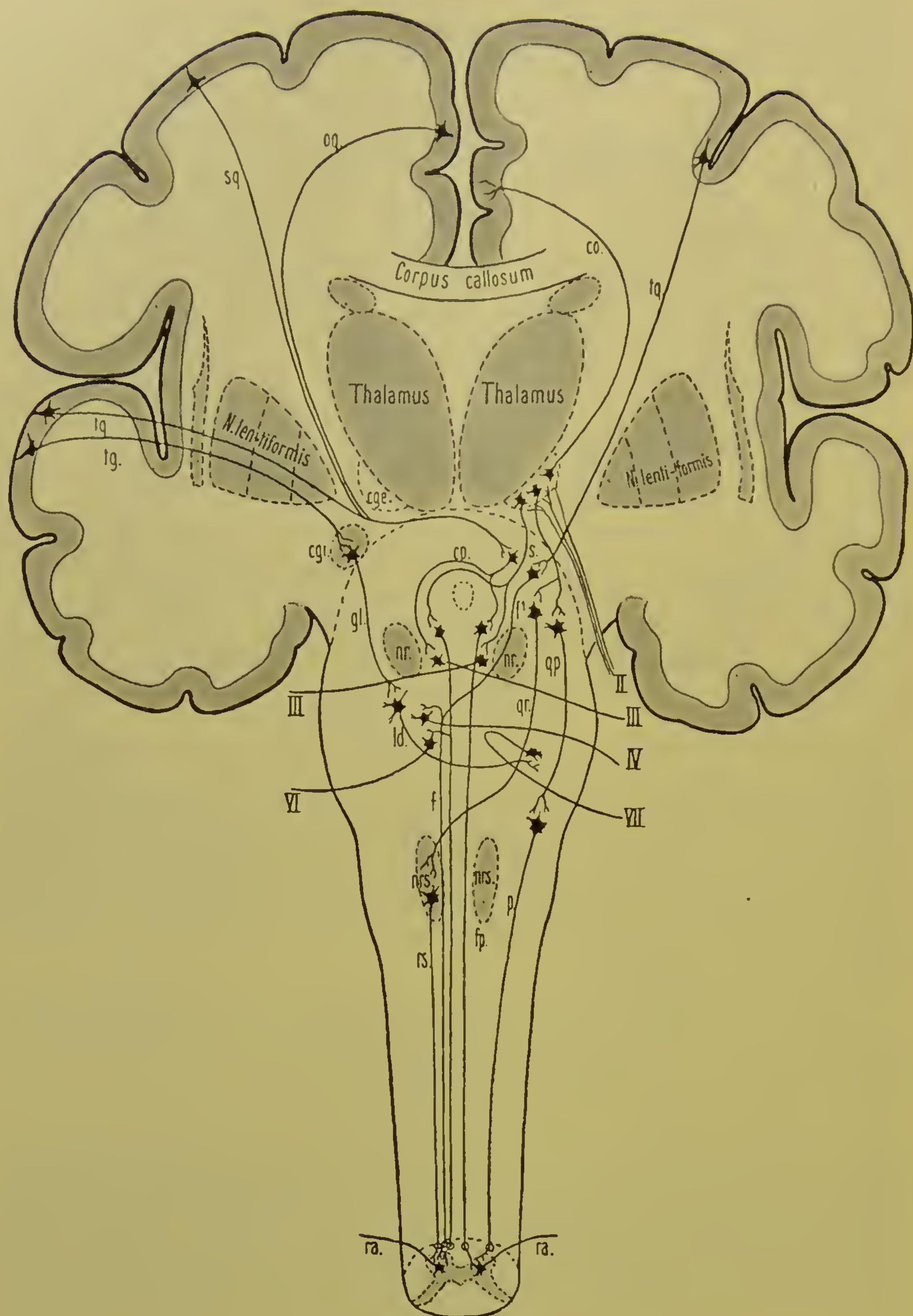


Fig. 395.

Absteigende Rindenbahnen, welche durch den oberen Vierhügel durchtreten.

II—VII Wurzeln der entsprechenden Gehirnnerven; *cge* lateraler, *cgi* medialer Kniehöcker; *co* Sehbahn vom *cge* zur Occipitalrinde; *f, f'* Fasciculus praedorsalis; *gl* Fasern aus *cgi* zum lateralen Schleifenkern; *ld* deren weitere Bahn zum Facialiskern (?); *oq* Fasern aus der Occipitalrinde zur Commissura posterior; *qp* Vierhügelbrückenbahn; *p* Brückenbahn zum Rückenmark (Fortsetzung von *qp*); *qr* Tractus tecto-bulbaris; *s* Fasern aus *cgl*; *sq* Fasern aus der Parietalrinde zur Commissura posterior; *tq* Fasern aus der Temporalrinde zur Commissura posterior; *tg* Fasern aus der Temporalrinde zum medialen Kniehöcker. — Uebrige Bezeichnungen bei Fig. 394.

paralysiert sind. In solchen Fällen handelt es sich entweder um eine Affektion des Thalamus oder der zu ihm gehörenden Fasersysteme.

Man darf aus allen angeführten Gründen mit Sicherheit schließen, daß die subkortikalen Leitungsbahnen der unwillkürlichen Ausdrucksbewegungen aus dem außerhalb der sensitiv-motorischen Zone befindlichen Rindengebieten die Richtung zum Thalamus einschlagen.

Brissaud beschreibt im vorderen Schenkel der inneren Kapsel als Faisceau psychique einen besonderen Faserzug für die Leitung kortikaler Lachimpulse.

2. Die Rinden-Vierhügelbahnen.

Wir haben die Leitungssysteme, welche die Rinde des Vorderhirns mit den Vierhügeln in Verbindung setzen, bereits an einer früheren Stelle behandelt und es erübrigt hier nur noch kurz jener Bestandteile dieser Bahnen zu gedenken, welche die Parietalwindungen mit dem vorderen Vierhügel verbinden (Fig. 395). Es sind dies absteigende Fasern, deren Nachweis bereits durch Untersuchungen meines Laboratoriums (Dr. Gerver) beigebracht wurde.

Unlängst hat auch Pilz diesse Rindenvierhügelverbindung neu aufgefunden. Nach der Abtragung des parietalen Centrums der Augenbewegungen beobachtete Pilz Degeneration in den Nachbarwindungen, im Angulum, in der subependymären grauen Substanz des Seitenventrikels, im Corpus callosum, in der entsprechenden symmetrischen Windung der anderen Hemisphäre, in der inneren Kapsel, im Thalamus und in dessen Lamina medullaris externa, im Corpus subthalamicum, im Forel'schen Felde und im lateralen Teile des Pedunculus cerebri. Außerdem begaben sich zahlreiche degenerierte Fasern zum oberflächlichen Grau und zu der tiefen Marksubstanz des vorderen Vierhügels; einige drangen gegen die centrale graue Substanz vor. Der zum Vierhügel verlaufende Faserzug zog dahin direkt aus der inneren Kapsel.

Die Bedeutung dieser Vierhügelverbindung der Parietalregion erkennt man aus den Erscheinungen, welche bei der Reizung des Scheitellappens auftreten und welche bestehen in zeitlicher Deviation der Augäpfel und Veränderungen der Pupillenweite. Diese Erscheinungen sind wohl bedingt durch den Vierhügel, da sie im Falle der Zerstörung desselben nicht vorhanden sind.

Die Verbindung der Parietalregion der Gehirnrinde mit anderen subkortikalen Formationen sind noch wenig bekannt und entziehen sich daher einer näheren Darstellung.

3. Die Rinden-Linsenkern- und Rindenschweifkernbahnen.

1. Was die Faserzüge betrifft, welche die motorische Zone der Gehirnrinde mit dem Linsenkern verbinden (Fig. 396), so haben mir eigene Befunde gezeigt, daß die Zerstörung der Centralwindungen zur Entwicklung absteigender Faserdegeneration im Gebiete des Globus pallidus des Linsenkerns führt. Man findet dabei zerstreute grobe Schollen, welche über den ganzen Linsenkern verbreitet sind, und kleinere diffuse punktförmige Degenerationsherde im Putamen und Nucleus caudatus. Aus diesem Verhalten ist die Existenz einer Verbindung des Linsenkerns mit den Centralwindungen durch absteigende Leitungsbahnen zu erschließen.

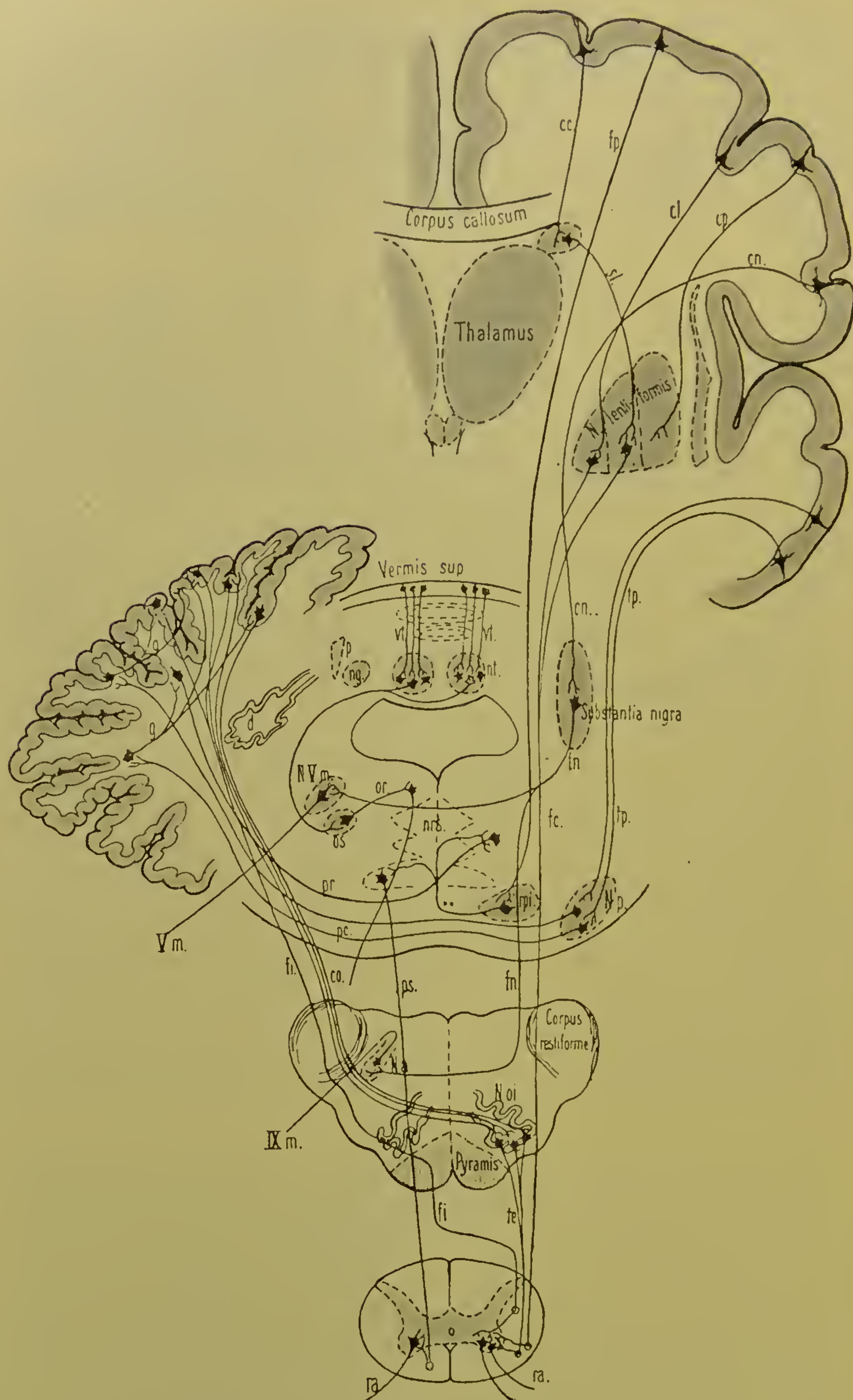


Fig. 396.

Die Rindenverbindungen des Linsen- und Schweifkerns.

cc Tractus cortico-strialis; *cl* subkortikale Bahn des Globus pallidus; *cn* Tractus corticalis zur Substantia nigra; *cp* subkortikale Bahn des Putamen; *fc* centrale Haubenbahn; *fp* Tractus fronto-pontilis; *sl* Tractus pallido-caudatus; *tp* Tractus occipito-temporo-pontilis.

Die Bedeutung dieser Bahnen ist vorläufig nicht mit Sicherheit erkennbar, da ja auch die Funktion des Linsenkerns noch großenteils im Dunkeln liegt.

Da jedoch alle motorischen Leitungsbahnen für die Einzelbewegungen am hinteren Schenkel der inneren Kapsel durchtreten unter Umgehung der Ganglien, die psycho-reflektorischen (unwillkürlichen) Ausdrucksbewegungen aber an Bahnen gebunden sind, welche den Thalamus durchsetzen, so ergibt sich die Vermutung, daß wir es hier mit Leitungsbahnen für gewisse zusammensetzbare Bewegungsakte zu tun haben möchten. Dafür sprechen einerseits nach dem Befunde meines Laboratoriums (Dr. Šaikevič) die Erscheinungen, wenn man nach der Zerstörung des Linsenkerns beobachtet, andererseits die schon früher erwähnten Angaben Nothnagel's.

2. Ich komme nunmehr zu den Bahnen, welche die Gehirnrinde mit dem Nucleus caudatus in Verbindung setzen.

Nach den Angaben von Fouillé, Meynert und Huguenin kommt der Zusammenhang der Gehirnrinde mit dem Corpus striatum durch Fasern der inneren Kapsel zu Stande.

Wernicke stellte ohne hinreichenden Grund die Existenz eines Zusammenhangs der Gehirnrinde mit dem Corpus striatum überhaupt in Abrede. Nach seiner Meinung sollten Projektionsfasern den Streifenhügel nur durchsetzen, aber nicht in ihm endigen.

Im Gegensatz dazu tritt Obersteiner für die Existenz kortikaler Verbindungen des Nucleus caudatus ein.

Für das Vorkommen von Rindenverbindungen des Nucleus caudatus sprechen u. a. die Befunde von Bianchi und Algers. Sie bedienten sich zum Nachweise dieser Verbindungen der Zerstörung der motorischen Zone der Gehirnrinde des Hundes und fanden infolge dieser Läsion Anzeichen von Faserdegeneration in den Bündeln, welche in den Nucleus caudatus und in den Linsenkern hineintreten.

Unter analogen Verhältnissen bemerkten Bianchi und d'Abundo Atrophie im Nucleus caudatus.

Marinesco konstatierte Faserdegeneration im Corpus striatum nach Abtragung der Stirnlappen.

In Übereinstimmung damit stehen auch die Befunde Ramon y Cajal's, wonach die vom Stirnlappen herkommenden Fasern Zweige abgeben, welche an den Zellen des Nucleus caudatus ihr Ende finden.

Nach den Angaben von Sachs kommt die Verbindung des Nucleus caudatus mit der Rinde des Stirn- und Scheitellappens, sowie der Insula Reilii durch Fasern des Fasciculus subcallosus zu Stande.

Muratov jedoch tritt dieser Auffassung entgegen.

Déjérine stellt sogar das Bestehen einer direkten Verbindung der Rinde mit dem Nucleus caudatus in Abrede. Nach seiner Meinung sind die Veränderungen, welche Bianchi, d'Abundo, Monakow und Marinesko schildern, zurückzuführen auf degenerierte Fasern und Collateralen affizierter Rindenbahnen, welche im Nucleus caudatus durchtreten. Die Atrophie, welche man bei langdauernden Rindenaffektionen findet, hält keinen Vergleich aus mit der hochgradigen Atrophie, welche unter gleichen Verhältnissen im Thalamus sich entwickelt; sie erinnert vielmehr an jene Massenveränderungen, welche unter diesen Umständen die

halbe Kleinhirnhemisphäre und das Vorderhorn der entgegengesetzten Seite erleidet.

Ungeachtet dieses skeptischen Verhaltens eines so angesehenen Forschers zu diesem Gegenstand muß ich im Hinblick auf meine mittels der Degenerations- und Entwicklungsmethode gewonnenen Befunde mich mit aller Entschiedenheit für das Bestehen centrifugaler Rindenbahnen zum Nucleus caudatus aussprechen.

Unter diesen Verbindungen sind uns vor allem zwei Fasersysteme näher bekannt. Das eine System entspricht dem sog. Fasciculus nuclei caudati bezw. Fasciculus subcallosus und tritt von oben her in den Nucleus caudatus hinein. Das zweite Fasersystem gelangt zum Nucleus caudatus von der inneren Kapsel aus. Jenes rührt von sehr verschiedenen Stellen der Gehirnrinde her, dieses hat in der sensitiv-motorischen Zone seinen Ursprung. Es handelt sich bei beiden Systemen um ganz besonders feine Fasern. Man findet daher bei der Untersuchung ihrer Degenerationen mit der Marchi-Methode überall sehr feine Schollen, welche zudem wahrscheinlich leicht resorbierbar sind.

Die funktionelle Bedeutung dieser Fibrae cortico-caudales ist nicht näher ermittelt, so wie auch die Rolle des Nucleus caudatus selbst noch vielfach dunkel ist. Man kann im Hinblick auf die vorhandenen physiologischen Nachweise nur sagen, daß ein gewisser Teil der Fasern, welche die Gehirnrinde mit dem Nucleus caudatus verbinden, vasomotorische Aufgaben erfüllt. Man kann dies wenigstens daraus erschließen, daß die Reizung des Nucleus caudatus ein Ansteigen der Körpertemperatur und gewisse vasomotorische Wirkungen nach sich zieht. In Spezialversuchen meines Laboratoriums (Dr. Erickson) bemerkte man bei der Reizung des Nucleus caudatus vasomotorisch bedingte Wirkungen auf die Kontraktionen der Milz (s. oben). Bei Gelegenheit anderer Experimente, welche ebenfalls in meinem Laboratorium durchgeführt wurden (Dr. Bary), wurde bei der Reizung des Nucleus caudatus das Auftreten einer reichlichen Speichelsekretion bemerkt.

In diesen Versuchen wurde leider die Methode der voraufgehenden Degeneration der inneren Kapsel noch nicht angewendet, ein Umstand, welcher die Beweiskraft des Ergebnisses dieser Versuche vermindert.

Diesen Befunden treten zur Seite gewisse klinische Erfahrungen, welchen zufolge Herdaffektionen im Bereiche der centralen Gehirnganglien nicht selten von mehr oder weniger deutlichen vasomotorischen Störungen begleitet werden.

Auch nach den Beobachtungen Charcot's tritt bei Hämorrhagien in den centralen Gehirnregionen anfangs gewöhnlich ein Sinken der Körpertemperatur ein, welche später aber auf 38—39°, ja auf 40° und 41° C. ansteigen kann.[1])

4. Die Kau- und Schluckleitung der Gehirnrinde.

Zu den extrapyramidal verlaufenden Systemen motorischer Bahnen gehören ferner die Nervenleitungen für das Kauen und Schlucken, die Leitungen für die Bewegungen des Magendarmkanales, die Respirations- und Phonationsbahnen, die Bahnen für das Herz und für das Blutgefäßsystem, endlich die sekretorischen Leitungen.

---

[1]) Charcot, Société de Biologie 1867.

Ich werde die betreffenden Fasersysteme nunmehr nacheinander darstellen.

Rethi hat vermittelst sukzessiver Abtragung der vorderen Hirnteile und Reizung derselben auf dem Durchschnitte die Bahn der Kaubewegungen durch den unteren Teil der inneren Kapsel bis an die Regio subthalamica verfolgt. Im Gebiete des Hirnschenkels fielen die Kaubewegungen unvermittelt aus und konnten nur noch Kontraktionen des Masseter wahrgenommen werden.

Auf dieses Ergebnis hin kommt Rethi zu dem Schluß, daß unterhalb der Thalamusgegend zwischen den Fasern des Stabkranzes und des Pedunculus cerebri ein Centralorgan eingeschaltet ist, welches den zusammengesetzten Bewegungskomplex des normalen Essens verwirklicht, d. h. die regelrechte Aufeinanderfolge der Kau-, Lippen- und Zungenmuskelkontraktionen und zugleich auch den Schluckakt regelt.[1])

Es ist sehr wahrscheinlich, daß es sich in diesem Fall um die Substantia nigra handelt, deren Reizung in der Tat den Schluckakt anregt.

Carpenter bediente sich eines analogen Untersuchungsverfahrens wie Rethi. Er entfernte Teile der Gehirnhemisphäre und konnte alsdann durch sukzessive Reizung der Gehirnsubstanz die Bahn der Kaubewegungen durch den mittleren Teil der inneren Kapsel und durch den medialen Teil des vorderen Abschnittes des Pedunculus cerebri verfolgen. Er hält es für sicher, daß die Kaubahn hier der frontalen Brückenbahn entspricht.[2])

Probst verfolgte nach der Abtragung des kortikalen Kaucentrums degenerierte Fasern bis zum Kern des Trigeminus. Ein Teil der Fasern zog noch weiter abwärts bis zum Kern des Glossopharyngeus, ein Umstand, worauf Probst das gleichzeitige Zustandekommen der reflektorischen Kau- und Schluckbewegungen zurückführt.[3]) — Wir haben jedoch gesehen, daß der Eßbewegungskomplex bei der Reizung der weißen Substanz nur bis zur Hirnschenkelregion auslösbar ist, ein Umstand, welcher der Auffassung von Probst entgegensteht. Ich möchte Probst's Beobachtung in der Weise erklären, daß mit dem Kaucentrum partiell auch das ihm benachbart gelegene Schluckcentrum in seinen Versuchen lädiert war, was zur Folge hatte, daß die absteigende Degeneration bis an den Glossopharyngeuskern reichte.

Volle Beachtung verdienen in dieser Beziehung die Befunde von Economo über die motorische Bahn des Schluckreflexes. Danach verläuft diese Bahn vom vorderen Teil der dritten und vierten äußeren Windung durch die innere Kapsel zum medialen Felde des Pedunculus cerebri und zur Substantia nigra Soemmeringii; von da begibt sie sich direkt, teils unter Überschreitung der Raphe zu dem Trigeminuskern beider Seiten und schließlich zu der Kaumuskulatur.

Die Angaben Economo's hinsichtlich des Verlaufes der absteigenden Leitungsbahnen des Schluckreflexes kann ich als vollkommen richtig unterschreiben mit dem Bemerken, daß es außerdem noch subkortikale Verbindungen zwischen dem sensiblen Centrum im Thalamus und dem

---

[1]) K. Rethi, Sitzb. d. Akad. d. Wissensch. in Wien 1893, Bd. 102.
[2]) Carpenter, Centralbl. f. Physiol., Bd. 9.
[3]) Probst, Deutsche Zeitschr. f. Nervenheilkunde, Bd. 15.

motorischen Schluckcentrum in der Substantia nigra gibt. Ohne eine solche Verbindung können wir uns wenigstens das Zustandekommen des Schluckreflexes bei Tieren ohne Hemisphären nicht vorstellen.

Während Ramon y Cajal Verbindungen der Pyramidenbahn mit dem motorischen Kern des Trigeminus nicht hat auffinden können, konnte durch die Untersuchungen von Romanov[1]) und Probst[2]) bei Anwendung der Marchi'schen Methode die Existenz von Verbindungsfasern zwischen der Pyramidenbahn und dem motorischen Kern des Trigeminus sicher nachgewiesen werden: ein gleiches Resultat ist diesbezüglich auch in meinem Laboratorium gewonnen worden.

Es wurde bereits erwähnt, daß von dem kortikalen Kaucentrum durch den vorderen Schenkel der inneren Kapsel Faserzüge im Stratum intermedium abwärts ziehen und in der Substantia nigra endigen. Die übrigen Bestandteile der Kaubahn erreichen wohl direkt den motorischen Trigeminuskern.

Bei der Zerstörung des kortikalen Schluckcentrums fand man in meinem Laboratorium einen ganz analogen Verlauf der dabei in Degeneration übergegangenen Schluckleitung.

Wie die hierbezüglichen Befunde meines Laboratoriums nachweisen, verlaufen die Bahnen von dem kortikalen Schluckcentrum im vorderen Schenkel der inneren Kapsel in der Nähe ihres Knies, ziehen sodann zum medialen Felde der Hirnschenkelbasis und treten schließlich in das Stratum intermedium und in die Substantia nigra hinein.

Ein anderer Teil der vom kortikalen Schluckcentrum herrührenden Fasern konnte durch Untersuchungen meines Laboratoriums (Dr. Trapešnikov) bis in die Schleifenschicht verfolgt werden. Hier verlaufen diese Fasern abwärts bis zur Olivenzwischenschicht und gelangen nach Überschreitung der Raphe schließlich zum Kern des Glossopharyngeus.

5. Die Rindenbahnen zum Magendarmkanal und zur Harnblase.

Die centrifugale Leitungsbahn für den Magen- und Darmkanal durchsetzt den vorderen Schenkel der inneren Kapsel und verläuft weiterhin wohl durch den Thalamus, durch dessen Reizung, wie wir sahen, sehr verschiedene Bewegungen des Magendarmkanales hervorgerufen werden können.

Zu bemerken ist jedoch, daß die Bahn des Sphincter ani, welchem ein eigenes Centrum in der Gehirnrinde zukommt, augenscheinlich getrennt von der Darmleitung verlaufen muß. Als willkürliche Leitung begibt sie sich wahrscheinlich in Gesellschaft der Pyramidenbahn zum sakralen Abschnitt des Rückenmarkes.

Zusammen mit der Bahn des Sphincter ani ziehen wahrscheinlich auch die Fasern für den Sphincter urethrae peripheriewärts. Denn beide Sphincteren arbeiten meist zusammen.

Was die Leitungen für die Blase betrifft, so deuten alle vorhandenen Befunde darauf hin, daß sie von den entsprechenden Centren der Gehirnrinde durch den vorderen Schenkel der inneren Kapsel in

---

[1]) Romanov, Neurolog. Centralbl., 1898.
[2]) Probst, Monatsschr. f. Psych. u. Neurolog., Bd. 12.

der Nähe des Corpus caudatus hindurchtreten. Im Thalamus, wo sich die subkortikalen Blasencentra finden, wird diese Bahn unterbrochen.

Ott und Field beobachteten bei der Reizung des vorderen Schenkels der inneren Kapsel deutlich ausgesprochene Kontraktionen der Harnblase.

Daß es besondere subkortikale Leitungsbahnen für die Bewegungen der Harnblase gibt, wird auch durch klinische Erfahrungen erhärtet.

Hutchinson z. B. erzählt einen von Bright beobachteten Fall von Incontinentia urinae mit nachfolgender Incontinentia alvi, welche unter allmählichen bis zum Tode reichendem Verfall der Geisteskräfte verlief.[1]) Bei der Sekrction stieß man im Corpus striatum auf einen Tumor.

Einen analogen Fall hat auch Hutchinson selbst angetroffen.

Ein 54jähriger Patient konnte nicht willkürlich Harn lassen; der Harn floß unwillkürlich ab und konnte nicht zurückgehalten werden Einige Wochen später trat Stottern auf. Wie man bei der Sektion fand, war die innere Seite des linken Corpus striatum in eine halbgelatinöse Sarkommasse verwandelt, welche einwärts bis zum Ventrikel reichte, außen aber in der Substanz des Corpus striatum aufhörte. Fast die gleichen Zustände bot auch das rechte Corpus striatum, abgesehen von einer hier bestehenden Hämorrhagie, welche plötzlich zum Exitus letalis geführt hatte.

Einen diesem ähnlichen Fall schildert Rezek:

62jährige Wäscherin erkrankte plötzlich mit Kopfschmerzen und Incontinentia urinae; tags mußte sie sich beim Harnlassen beeilen, nachts trat Bettnässen ein. Außerdem bestand zwangsweises Vorwärtslaufen und Neigung zum Fallen. Nach zwei solchen Anfällen trat psychische Depression und Gedächtnisschwäche ein, welche allmählich in Stupor überging.

Von den am Gehirn bemerkten Veränderungen verdient hier besondere Beachtung ein Herd an der Grenze des oberen und mittleren Drittels der inneren Kapsel, welcher, wie sich bei der mikroskopischen Untersuchung herausstellte, auch den Linsenkern, den Thalamus und den vorderen Schenkel der inneren Kapsel ergriffen hatte. Auch auf der linken Seite zeigten die Stammganglien pathologische Veränderungen, aber das Corpus striatum erwies sich links als normal.[2])

In einem von Czyhlarz und Marburg mitgeteilten Fall fand man außer anderen Symptomen erschwertes Harnlassen und mäßige Stuhlverstopfung. — Bei der Sektion stieß man im rechten Linsenkern annähernd in der Mitte desselben auf einen haselnußgroßen Tumor, welcher das Corpus striatum und in geringerem Grade auch den Thalamus opticus gegen das Vorderhorn vorstülpte.[3])

Eisenlohr's Fall[4]) betrifft einen 67jährigen Tischler, welcher seit einem Jahre an erschwertem Harnlassen und Schwäche in den Beinen, später auch an Schwäche in den Armen litt. Während des Aufenthaltes im Krankenhause häufiges Bettnässen; außerdem bestand eine gewisse Abnahme des Verstandes. — Sektionsbefund: Degeneration der Pyramidenbahn im Rückenmark. Im Gehirn rechts ein Erweichungsherd außen vom Corpus striatum, im Gyrus fornicatus, links im vorderen Schenkel der inneren Kapsel, im dritten Gliede des Linsenkerns und im Hinterhauptlappen. Auch das Pulvinar thalami war beiderseits affiziert.

---

[1]) Hutchinson, Brain. 1888, S. 223ff.

[2]) Rezek, Ein primäres polymorphes Sarkom des Gehirns. Arb. aus dem Institut f. Anatomie usw. an der Wiener Universität, 1897, Heft 5.

[3]) E. Czyhlarz u. O. Marburg, Jahrb. f. Psychiatrie 1901.

[4]) Eisenlohr, Beiträge zur Hirnlokalisation. Deutsche Zeitschr. f. Nervenheilk. 1891.

Man könnte aus allen diesen klinischen Erfahrungen zu der Meinung gelangen, daß das Corpus striatum bezw. der Nucleus caudatus die Rolle eines subkortikalen Centrums der Blasenkontraktionen übernimmt. Czyhlarz und Marburg neigen in der Tat zu dieser Auffassung.[1])

Allein in den obengenannten Fällen war die Affektion, wie es scheint, nicht auf den Nucleus caudatus allein beschränkt, sondern erstreckte sich auch über dessen Nachbarteile, namentlich über den vorderen Schenkel der inneren Kapsel. In Eisenlohr's Fall (s. oben) war der Nucleus caudatus auf beiden Seiten unverletzt, trotzdem aber bestanden hochgradige Störungen der Harnentleerung.

Ich möchte daher meinen, daß die vorhin mitgeteilten Beobachtungen eher auf eine Affektion der subkortikalen Leitungsbahnen für die Harnblase hinweisen, welche im Gebiete des vorderen Schenkels der inneren Kapsel hindurchtreten, als auf eine Bedeutung des Nucleus caudatus selbst für die Blasenfunktionen. Reine Fälle von Herderkrankungen des Nucleus caudatus bleiben gewöhnlich von Störungen der Blasenfunktionen unbegleitet.

6. Die Leitungsbahnen der Respiration und Phonation.

α) *Literarische Übersicht.* — Zufolge den Angaben von Horsley und Semon verlaufen die Leitungsbahnen von den kortikalen Phonations- und Respirationscentren zur Gegend der inneren Kapsel, wobei sie mehr oder weniger genau der relativen Lage dieser Centra in der Gehirnrinde entsprechen. In der inneren Kapsel liegen diese Bahnen (nach Untersuchungen an Horizontalschnitten des Gehirns der Raubtiere) anfänglich bezw. mehr nach oben im vorderen Schenkel der inneren Kapsel, weiter unten in der Gegend des Kapselknies.[2]) In der Richtung von vorn nach hinten findet man zunächst die Beschleuniger der Atembewegungen, dann folgen die gleichen Bahnen in Gesellschaft der Abduktoren der Stimmbänder, und ganz am Knie haben die Bahnen für die Steigerung der Atembewegungen ihren Platz.

In den weiter abwärts folgenden Ebenen der inneren Kapsel entspricht die Lage der die Atmung beschleunigenden Bahnen nahezu genau den Centren von Christiani, Martin und Boecker.

Spencer eruierte durch Versuche an Affen, Hunden und Katzen das Vorhandensein besonderer kortikaler Centra für die Verlangsamung und Abschwächung bezw. für die Beschleunigung und Steigerung der Atmungsfunktion, wobei er lebhaften inspiratorischen Klonus und inspiratorischen Tetanus auftreten sah nicht nur bei der Rindenreizung, sondern auch im Falle der Reizung der absteigenden Bahn im Gebiete des Stabkranzes und der inneren Kapsel.[3])

Was das Rindencentrum für die Verlangsamung der Atembewegungen betrifft, welches Spencer nach außen vom Tractus olfactorius verlegt, so verlaufen die von hier ausgehenden absteigenden Bahnen,

---

[1]) Czyhlarz und Marburg, a. a. O.

[2]) V. Horsley and F. Semon, An exper. investigation of the central motor Innervation of the larynx. Proceedings of the Royal Society of London, 1890, Vol. XLVIII.

[3]) W. Spencer, The effect produced upon respiration by faradic excitation of the Royal Society of London 1894. Vol. 15.

wie er durch elektrische Stromreizung verschiedener Teile der Stirnlapponoberfläche auf Schnitten feststellte, zur vorderen Kommissur, wo sie mit den entsprechenden Fasern der anderen Hemisphäre kreuzen, und begeben sich dann seitlich von der Trichterregion nach hinten zum Gebiete des roten Haubenkerns und zur Austrittsstelle des N. oculomotorius. — Mir scheint jedoch, daß es sich hier um Reflexbahnen handelt, welche den Riechlappen mit den subkortikalen Atmungscentren verbinden.

Die respirationsbeschleunigenden Fasern verlaufen von dem hinzugehörigen Rindencentrum, welches auf der konvexen Hirnoberfläche im Gebiete der motorischen Zone lokalisiert wird, zur innern Kapsel bis an deren ventralen Abschnitt und dann weiter zur Region des Hirnstammes (Fig. 397). Die Kreuzung dieser Fasern erfolgt zwischen den Brückenschenkeln in der grauen Substanz.

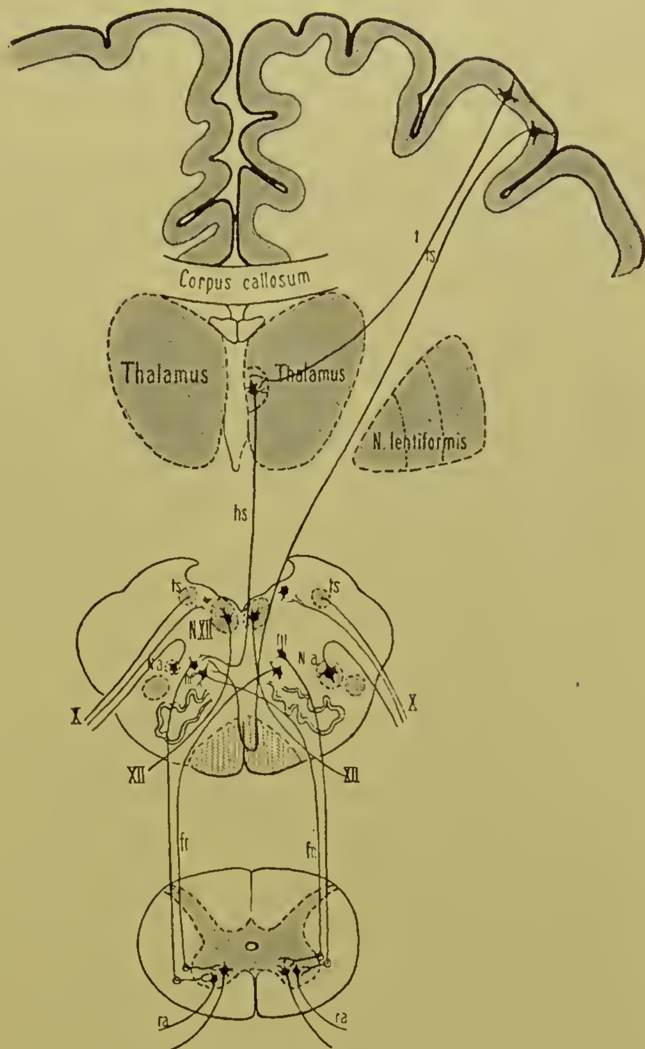


Fig. 397.
Die Atmungsleitung.

X, XII Vagus und Hypoglossuswurzeln; *N. XII* Kern des Hypoglossus; *fr* spinale absteigende Atmungsbahn; *hs* und *t* Bahn für psychoreflektorisches Atmen; *Na* Nucleus ambiguus; *Nr* Nucleus respiratorius; *rs* Bahn für die willkürlichen Atembewegungen; *ts* Tractns solitarius; *ra* vordere Rückenmarkwurzeln.

Nach Semon's und Horsley's experimentellen Ermittelungen[1]) ziehen die Fasern, welche vom kortikalen Stimmcentrum zu den tieferliegenden Centren verlaufen, durch die Corona radiata hindurch, sammeln sich am Knie der inneren Kapsel bezw. dicht hinter dem Kapselknie, reichen jedoch auf tieferen Schnittebenen auch in den hinteren Schenkel der inneren Kapsel hinein. Die Reizung dieser Gegend, sowie die Reizung des hinzugehörigen Rindencentrums bewirkte stets ein Zusammenrücken der Stimmbänder wie bei der Phonation.

---

[1]) F. Semon and V. Horsley, An experiment. investigation on the central motor innervation of the larynx. Proceeding of the Royal Society of London. Vol. 48.

Bei den Affen verläuft diese Bahn nach den Angaben von Semon und Horsley als umschriebenes Feld im vorderen Teil des hinteren Schenkels der inneren Kapsel zwischen den Bahnen der Zungen- und Schluckbewegungen. Bei der Reizung dieser Fasern auf Horizontalschnitten tritt in allen Fällen eine bilaterale Wirkung ein.

β) *Experimentelle Ergebnisse.* — Aus meinem Laboratorium liegen ebenfalls Befunde vor (Dr. Zukovski), welche den Verlauf der subkortikalen Atmungs- und Phonationsleitung beim Hunde betreffen.

1. Wenn man die innere Kapsel in der Nachbarschaft des Nucleus caudatus mit tiefen Einstichen reizte, wie dies in unseren Versuchen geschah, so erhält man Hemmung der Atmung bei Ruhezustand der Respirationsmuskeln oder Hemmung in der Inspiration, so wie dies auch bei der Reizung des Nucleus caudatus selbst der Fall zu sein pflegt. Es stellte sich aber heraus, daß die vom Nucleus caudatus aus erzielte Wirkung von einer Reizung der inneren Kapselfasern abhängt.

Um den Verlauf der Respirationsbahnen noch genauer zu verfolgen, wurden die Versuche in dem Sinne erweitert, daß man beim Hunde das kortikale Atmungscentrum abtrug und die konsekutive Degeneration der absteigenden Leitungsbahnen verfolgte.[1]) Wie sich dabei nachweisen ließ, bewirkt die sorgfältig begrenzte Abtragung des Rindencentrums, welches die Atmung unter Verlangsamung des Respirationsrhythmus steigert (Fig. 397) ausgedehnte Degenerationen, welche von der Hirnrinde aus sich in absteigender Richtung verfolgen lassen.

Eine dieser absteigenden Leitungen schlägt die Richtung der Pyramidenbahn ein und findet sich dementsprechend in der inneren Kapsel im mittleren Teil des hinteren Schenkels. Eine zweite Bahn begibt sich im Stabkranze zur Region der inneren Kapsel und von hier zum postero-lateralen Abschnitt des Thalamus. Sie stellt also eine Verbindung zwischen dem kortikalen Atmungscentrum und dem Thalamus her. Eine dritte Bahn begibt sich durch den Stabkranz und durch den vorderen Schenkel der inneren Kapsel zu den medialen Teilen des Thalamus, wo sie dorsal vor dem Vicq d'Azyr'schen Bündel Platz nimmt. Weiterhin verläuft dieser Faserzug zur Vierhügelgegend, wo er sich seitlich von der grauen Substanz des Aquaeductus cerebri über dem hinteren Längsbündel lagert, und steigt dann innerhalb der Formatio reticularis zur Region der Atmungscentra herab.

Ein Teil der vom kortikalen Atmungscentrum ausgehenden Fasern endlich gelangt mit dem Stabkranze zum vorderen Schenkel der inneren Kapsel. Von hier laufen dieselben im medialen Teil der Hirnschenkelbasis und durch das Stratum intermedium zur Gegend der Substantia nigra.

Die erstgenannte Bahn, welche in Gesellschaft der Fasern der Pyramidenbahn verläuft, stellt sich augenscheinlich als willkürliche Atmungsleitung dar.

Die zweite Bahn, welche das kortikale Atmungscentrum mit dem postero-lateralen Abschnitt des Thalamus in Verbindung setzt, funktioniert, wie man annehmen muß, als psychoreflektorische Atmungsleitung, welche an dem Ausdruck der psychischen Emotionen mitwirkt.

---

[1]) M. Zukovski, Dissert. St. Petersburg.

Die dritte Bahn, welche durch den medialen Abschnitt des Thalamus zur Region der Formatio reticularis sich begibt, dient offenbar als unwillkürliche kortikale Atmungsleitung.

Die vierte Bahn endlich, welche das kortikale Atmungscentrum mit der schwarzen Substanz verbindet, muß in irgendwelchen Beziehungen zu der Funktion dieser Substanz stehen.

2. Behufs Verfolgung des Verlaufes der Faserbündel, welche von den Stimmcentren der Gehirnrinde in absteigender Richtung weiter ziehen, wurden in meinem Laboratorium eine Reihe von Spezialversuchen durchgeführt.

Beim Hunde entfernte man zu diesem Ende das kortikale Stimmcentrum in einem Falle an der rechten Hemisphäre, in einem zweiten an der linken Hemisphäre, in einem dritten beiderseits (Dr. Ivanov).[1]) — Nach sechs Wochen wurden sämtliche drei Versuchshunde getötet und ihre Gehirne behufs Untersuchung der sekundären Degenerationen nach dem Verfahren von Marchi behandelt.

Die Degeneration, welche man in diesen Fällen auftreten sah, schlug die Bahn der Stabkranzfasern ein, welche aus dem Gebiet des Stimmcentrums im Gyrus praecruciatus hervorgehen. In der inneren Kapsel war Degeneratien am Knie und dicht hinter dem Knie vorhanden, wo sich die schwarzen Degenerationsschollen auf einem beschränkten Raume eng zusammenhäuften. Die degenerierten Fasern verfolgte man weiterhin zur Gegend der medialen Schleife und zu der Gehirnschenkelbasis, von wo sie teils in die Substantia nigra hineintraten, zum größten Teil aber mit der Pyramidenbahn zum Verlängerten Mark weiter zogen.

Außerdem fanden sich zerstreute Degenerationsschollen im hinteren Teil des lateralen Thalamuskerns in der Nachbarschaft des Corpus geniculatum mediale. Diese Fasern zogen unter dem vorderen Vierhügel bis zum Kern der lateralen Schleife, begaben sich alsdann zur Raphe und erreichten nach vollzogener Kreuzung den von mir beschriebenen Nucleus medialis (Nucleus centralis superior). Dieser Kern steht seinerseits in Verbindung mit der Gegend des Atmungscentrums und mit den Vaguskernen für die Bewegnngen der Stimmbänder.

Die erstgenannte, direkt zum Verlängerten Mark hinabsteigende Bahn funktioniert wohl als willkürliche Phonationsleitung. Die zweite Bahn, welche die Thalamusregion durchsetzt, hat dagegen offenbar die Bedeutung einer psycho-reflektorischen Phonationsleitung, welche bei Vorhandensein psycho-reflektorischer Ausdrucksbewegungen in Aktion tritt. Der Zusammenhang mit der Substantia nigra steht wahrscheinlich mit der Schluckfunktion in Beziehungen.

γ) *Pathologische Beobachtungen.* — Man kann aus den hierhergehörigen klinischen Erfahrungen lernen, daß die Störungen der Atmung, wie sie im Verlaufe von Hemiplegie auftreten[2]), in der Regel gekreuzter Natur sind und offenbar durch Mitwirkung von Pyramidenfasern zu Stande kommen, wie aus den Befunden von Hoche[3]) und Probst[4]) hervorgeht.

---

[1]) Dr. Ivanov, Dissert. St. Petersburg 1899.
[2]) Ergowitz, Zeitschr. f. klin. Med., Bd. 20.
[3]) Hoche, Arch. f. Psych., Bd. 30.
[4]) Probst, Monatsschr. f. Psych. u. Neurol. 1899. Arch. f. Psych., Bd. 33.

Man kennt ferner klinisch beobachtete Fälle von Affektionen der inneren Kapsel, wo auch die Stimmbänder in Mitleidenschaft gezogen waren.

7. Die Rindenbahnen für das Herz und für das Gefäßsystem.

a) Normale Verhältnisse. — Die Leitungsbahnen zum Herzen und Gefäßsystem (Fig. 398) treten höchstwahrscheinlich durch die innere Kapsel hindurch. Sie verlaufen namentlich durch den hinteren Kapselschenkel in der Nachbarschaft der Pyramidenbahn, wie ich dies durch Spezialversuche nachgewiesen habe.

Andere Fasern der Herz- und Gefäßleitung begeben sich in absteigender Richtung durch die Thalami und andere subkortikale Ganglien, deren Reizung (s. oben) konstant hochgradige Veränderungen sowohl der Herztätigkeit, als auch des Gefäßdruckes hervorruft.

Bei der Reizung der tiefen subkortikalen weißen Substanz in den vorderen Gebieten des Stabkranzes entsprechend der Lage des vorderen Abschnittes des Gyrus sigmoideus beobachtete ich nicht nur eine ungemein lebhafte Verlangsamung des Pulses, sondern auch totalen diastolischen Herzstillstand. Dagegen blieb die Reizung der hinteren Teile der weißen Substanz in dieser Beziehung wirkungslos. Es handelte sich in diesem Falle augenscheinlich um eine Reizung jener Fasern, welche von der Gehirnrinde zum Thalamus verlaufen. Denn auch die Reizung des Thalamus erzeugt, wie wir sahen, eine Verlangsamung der Herztätigkeit und selbst vollen diastolischen Herzstillstand.

In meinem Versuche erzielte ich von der inneren Kapsel aus auch vasomotorische Wirkungen, bestehend in einem hochgradigen Ansteigen des Blutdruckes.

Ich gedachte früher bereits der primären Gefäßerweiterung, welche beim Kaninchen nach Reizung eines bestimmten Punktes am Schwanz des Nucleus caudatus auftritt. Eine analoge Wirkung erhält man auch bei der Reizung der darunterliegenden weißen Substanz der inneren Kapsel. Dieser Punkt findet sich nach den Angaben Minor's beim Kaninchen nicht weit nach innen und vorn vor jener Stelle der inneren Kapsel, welche mit den Bewegungen des kontralateralen Ohres zusammenhängt. In seinen Versuchen kam es schon sehr bald nach dem Beginn der Reizung zu einer Rötung der kontralateralen Ohrmuschel; nach dem Aussetzen des Reizes stellten sich wieder normale Zustände ein.

Bei der Reizung des mittleren Teiles der inneren Kapsel total kuraresierter Hunde, namentlich aber bei der Reizung des vorderen und mittleren Drittels des hinteren Schenkels der inneren Kapsel beobachtete man in meinem Laboratorium (Dr. Erikson) unter allgemeinem Ansteigen des Blutdruckes auch lebhafte Milzkontraktionen, während die Reizung des hinteren Drittels der inneren Kapsel dabei keinen Effekt lieferte. In dem angrenzenden Teile des Thalamus jedoch war diese Wirkung gewöhnlich noch weitaus lebhafter.

Zu bemerken ist übrigens, daß die Kurven für den allgemeinen Blutdruck und für die Milzkontraktionen in diesen Fällen nicht vollkommen einander entsprachen.

Die Reizung der inneren Kapsel weist dabei eine kürzere Latenzzeit und steilere Wellen auf, als die Reizung des Thalamus.

Durch Versuche meines Laboratoriums (Dr. PUSSEP) ist ferner nachgewiesen worden, daß durch den Thalamus auch vasomotorische Einflüsse der Gehirnrinde auf die Samendrüsen zu Stande kommen.

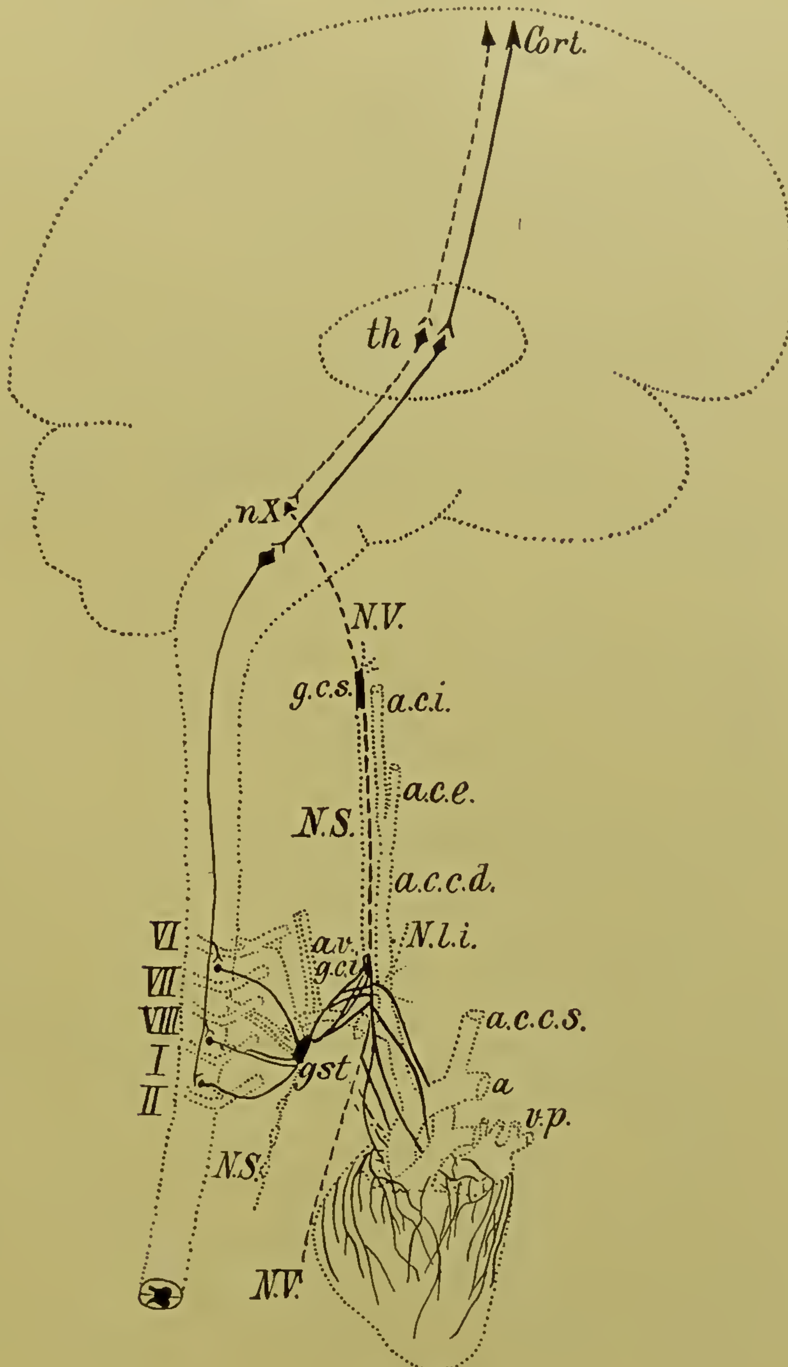


Fig. 398.
Die Innervation des Herzens und ihre kortikalen Bahnen.
Cort Rindenursprung der Herzleitung; *th* Thalamus; *N. X.* Vaguskern; *gcs, gci* oberes, unteres sympathisches Halsganglion; *gst* Ganglion stellatum; *NS* Sympathischer Grenzstrang; *N. l. i.* Nervus laryngeus inferior; *av* Ansa Vieussenii; *aci, acc, accd, accs, vp* Gefäßstämme vom und zum Herzen.

β) *Pathologische Zustände.* — Die klinischen Erfahrungen über das Verhalten der subkortikalen Gefäßbahnen bezeugen zunächst das

häufige Vorkommen vasomotorischer Störungen an paralysierten Körperteilen, wobei diese Störungen aber nicht in der Inaktivität der Gliedmaßen ihre Erklärung finden können. — Diese Beobachtungen sprechen unter allen Umständen dafür, daß die subkortikalen vasomotorischen Leitungen in der Nachbarschaft der Pyramidenbahn liegen müssen. Nach eingehenden Untersuchungen an einem geeigneten klinischen Material kamen PARHON und GOLDSTEIN zu keinen bestimmten Schlüssen über die Lokalisation der subkortikalen Gefäßbahnen. Sie fanden jedoch, daß bei starkem Ödem der gelähmten Glieder der hintere Schenkel der inneren Kapsel unversehrt bleibt, woraus folgen würde, daß die Annahme der benachbarten Lage der Gefäßbahnen und der sensiblen Leitungen nicht hinreichend begründet ist.

Bei Gelegenheit der Untersuchungen meines Laboratoriums (Dr. PUSSEP) über den Verlauf der absteigenden Bahnen, welche zu der Erektion des Geschlechtsgliedes in Beziehungen stehen, erkannte man, daß die unilaterale Zerstörung der Erektionscentra beim Hunde eine Faserdegeneration im Gebiete des antero-lateralen Abschnittes des Thalamus und im hinteren Schenkel der inneren Kapsel hervorruft. Die degenerierten Fasern ziehen innerhalb der Pyramidenbahn dem Rückenmark entlang abwärts.

8. Die sekretorischen Leitungsbahnen.

Auch die Leitungsbahnen für die sekretorischen Funktionen des Magens, des Pankreas, der Leber und der Samendrüsen treten, wie die Befunde meines Laboratoriums lehren, in erster Linie durch den Thalamus hindurch.

Was die speichelsekretorischen Leitungen betrifft, so ziehen dieselben durch den vorderen Schenkel der inneren Kapsel oder wenigstens in der Nähe desselben vorbei. Denn Reizungen am Rande des Nucleus caudatus bewirkten in den Versuchen meines Laboratoriums (Dr. BARY) konstant eine reichliche Speichelausscheidung (s. oben).

Einige histologische Befunde weisen darauf hin, daß die Schweißdrüsenbahnen sich den motorischen Leitungen anschließen. Bestätigt wird dies durch die Beobachtung, daß im Verlaufe von Hemiplegien nicht selten ein lebhaftes Schwitzen der gelähmten Seite auftritt. Daß diese Bahn in irgendwelchen subkortikalen Centren unterbrochen werden soll, hält KASSIRER für zweifelhaft. PANDI hingegen hält eine solche Unterbrechung sowohl der schweißsekretorischen, als auch der vasomotorischen Nervenleitung für wahrscheinlich. Er beruft sich dabei auf einen von KAPOSI beobachteten Fall von gekreuztem Schwitzen der linken Gesichtshälfte und der rechten Körperhälfte.

Im ganzen aber befindet sich die ganze Frage nach dem Verlauf der schweißsekretorischen Bahnen noch im Stadium der Hypothese und Vermutungen.

Man wird nach allen diesen Darlegungen zu dem Satze kommen, daß die Mehrzahl der Leitungen für die unwillkürlichen Bewegungen der inneren Körperorgane getrennt von der Pyramidenbahn verläuft. Mit diesen zusammen verläuft nun ein geringer Anteil der Bahnen für die inneren Organe, wie dies im bisherigen bereits näher ausgeführt wurde.

XII.

Die Geschmacksfunktionen der Gehirnrinde.

Für das Verständnis der kortikalen Centra des Geschmackssinnes ist es von Bedeutung, sich daran zu erinnern, daß die Abtragung der Hemisphären nicht zu einem definitiven Verlust des Geschmackes führt. Vielmehr reagieren die Tiere auf stärkere Geschmacksreize noch durch entsprechende Zungen- und Lippenbewegungen, wie dies schon den älteren Beobachtern auffiel.

Wenn man von Flourens' hierbezüglichen Versuchen absieht, die, weil an Vögeln ausgeführt, Anlaß zu Bedenken geben[1]), ist hier vor allem auf Magendies Befunde hinzuweisen, welche bezeugten, daß die ihrer Hemisphären beraubten Versuchstiere gegen Geruchs- und Geschmackseindrücke empfindlich sind.[2])

Longet's an Hunden und Katzen ausgeführte Versuche ergaben folgendes. Wenn man den schnell enthirnten Tieren eine Coloquintenlösung in den Mund eingießt, so erfolgen Kieferbewegungen, welche den Eindruck machen, als wenn das Tier sich von der unangenehmen Empfindung befreien wollte. Longet glaubte auf dieses Ergebnis schließen zu dürfen, daß die Geschmacksempfindungen, sowie die Empfindungen der übrigen Sinnesorgane nicht in der Rinde, sondern in den subkortikalen Centren der Varolsbrücke lokalisiert sein müssen.

Einen gleichen Standpunkt vertrat auch Vulpian.

In Goltz's Versuchen verzehrten die großhirnlosen Hunde Fleischstücke, welche man mit Milch befeuchtete anstandslos; tauchte man das Fleisch aber in Chininlösung, dann wurde es gekaut, aber alsbald mit Widerwillen fortgeschleudert. Dies war auch der Fall, wenn man die Fleischstücke in Coloquintenlösung tauchte.

Man kann aus diesen Beobachtungen entnehmen, daß schon in den subkortikalen Hirnregionen Centra vorhanden sein müssen, in welchen elementare Geschmacksempfindungen zu Stande kommen. Diese Empfindungen werden jedoch höchstwahrscheinlich nur quantitativ differenziert; Fälle, wo großhirnlose Tiere eine qualitative Unterscheidung zwischen bestimmten Geschmacksstoffen machten, sind bisher durch Beobachtungen nicht belegt.

Offenbar sind also die differenzierten Geschmacksempfindungen auf das Gebiet der Vorderhirnrinde zu beziehen.

Die gegenwärtig in meinem Laboratorium geübte vervollkommnete Methode der Geschmacksprüfungen wird an einer späteren Stelle besprochen werden im Zusammenhang mit der Darstellung der sog. Assoziationsreflexe.

Die Verhältnisse des Geschmackcentrums sind mittels der in meinem Laboratorium ausgebildeten Methode der assoziativ-motorischen Reflexe weitaus besser eruierbar, als mittels der Methode der Psychoreflexe.

---

[1]) Flourens, Rech. expér. sur les fonctions et les propriétés du syst. nerveux. Paris 1862.

[2]) Magendie, Praxis élementaire de physiologie, 1895.

Die hierhergehörigen Befunde meines Laboratoriums (Dr. Golant) haben gezeigt, daß beim Hunde, dem man die Schmeckstoffe mittels Fistel direkt auf die Zunge oder durch den geöffneten Mund appliziert, ein assoziativ-motorischer Reflex (Pfotenbewegung) erzogen werden kann, welcher später auf einen bestimmten Geschmackreiz sich differenziert (Fig. 399). Man entfernte bei einem Hunde nach Differenzierung eines solchen Geschmackreflexes die Rindenteile, welche von Dr. Gorškov als Geschmackcentra angegeben wurden, in beiden Hemisphären nacheinander: es verschwand darauf der assoziativ-motorische Geschmackreflex. Leider überlebte das Tier nur kurze Zeit die Operation; es werden daher zur definitiven Klarlegung dieses Punktes noch neue Versuche anzustellen sein.

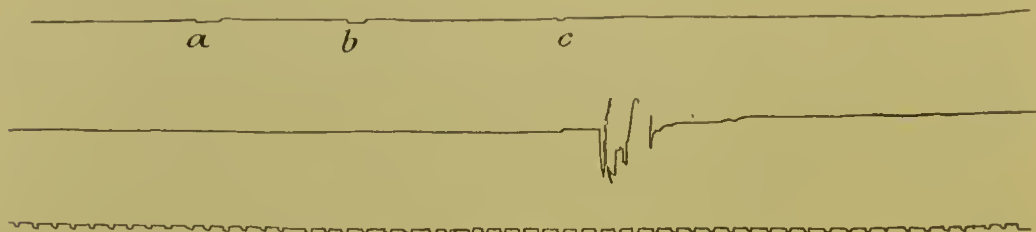


Fig. 399.

Hund, bei welchem ein differenzierter Reflex auf Reizung mittels Salzlösung erzogen war. — Die obere Kurve bedeutet die verschiedenen Reize, *a* Zucker, *b* Wasser, *c* Salz; die mittlere Kurve veranschaulicht die Pfotenbewegungen, die untere Kurve Zeit in Sekunden.

Die Reaktion mit Pfotenbewegungen tritt nur auf Salzlösung ein.

1. Die Lokalisation des Geschmackscentrums.

a) Literarische Übersicht.

Was die Frage nach der Lokalisation des kortikalen Geschmackscentrums betrifft, so hat man in dieser Beziehung sich bis in die neueste Zeit noch auf weit unsichererem Boden bewegt, als bezüglich des Rindencentrums der Gesichtseindrücke.

Conti untersuchte Geruch, Geschmack und Gehör an 15 Affen, welchen er verschiedene Gehirnteile zerstörte, konnte aber nicht zu einem bestimmten Befund gelangen.[1])

Andere Autoren suchten das Geschmackscentrum im Gyrus hippocampi zu lokalisieren. Hierher gehören vor allem Ferrier's aus dem Jahre 1875 herrührende Versuche.[2]) In operativ-technischer Hinsicht sind diese Experimente aber weitaus nicht als einwandfrei anzusehen.

Sie bestanden darin, daß man bei den Affen, welche zu diesen Versuchen dienten, in Chloroformnarkose die Gegend der Parietal- und Temporalwindungen bloßlegte und den Thermokauter dann in die Gehirnmasse einführte, um den Gyrus hippocampi und das Ammonshorn zu zerstören. Es versteht sich von selbst, daß dies ein überaus rohes Verfahren ist.

---

[1]) Conti, Rech. sur les troubles sensitifs, sensoriels et intellectuels etc. Société de biol. 26 févr. 1881.

[2]) D. Ferrier, Experiments on the brain of man. Philosoph. transactions, Vol. 165, Part II, 1875.

Bei den so operierten Affen untersuchte man den Geruchssinn mittels Essigsäure und Ammoniak, den Geschmackssinn mittels Zitronensäure; die kutane Sensibilität prüfte man mit einem erhitzten Eisen und durch Kneifen der Haut.

Auf Grund derartiger Versuche kam Ferrier nun zu dem Schluß, daß die Zerstörung des Ammonshorns und des Gyrus hippocampi zur Ausbildung von Hautanästhesie der kontralateralen Körperhälfte führt. Als Centrum des Geruchssinnes wurde der Gyrus uncinatus erkannt, und das Centrum des Geschmackssinnes in die Nähe des Geruchscentrums verlegt.

Infolge der Angriffe, welche auf diese Versuche erfolgten, unternahm Ferrier später eine zweite diesen Gegenstand betreffende Untersuchungsreihe in Verbindung mit Jeo.[1])

Auch hier benutzte man zum Zwecke der Rindenläsionen einen Thermokauter, welcher durch die hinteren Abschnitte der Hemisphären hindurchgeführt wurde.

Ferrier sucht auf Grund dieser zweiten Versuchsreihe den Nachweis zu führen, daß im Gyrus hippocampi und im Cornu Ammonis Centra für die Tast- und Muskelsensibilität enthalten sind; man beobachtete im Falle ihrer Zerstörung nur partielle und vorübergehende Anästhesie. Nach erfolgter Zerstörung der Fascia dentata konstatierten Ferrier und Jeo eine zeitweilige Hyperästhesie, im Falle der Zerstörung des Ammonshorns allein bestand eine merkliche Anästhesie der der Zerstörung entgegengesetzten Körperhälfte.

Diese Mitteilungen von Ferrier und Jeo wurden von Munk lebhaft angegriffen und zwar hinsichtlich der befolgten Versuchstechnik, als auch bezüglich der Versuchsergebnisse.[2])

Nach der Meinung Munk's ist sowohl das Geschmackscentrum, als auch das Geruchscentrum im Gyrus hippocampi zu lokalisieren.[3])

Luciani verlegt auf Grund seiner Untersuchungsbefunde das Geschmackscentrum in die Nachbarschaft des Geruchscentrums. Es soll hier die vierte Temporalwindung und einen Teil des Ammonshorns einnehmen.[4])

Luciani und Sepilli liefern zwar keine speziellen Experimentalbefunde über die Folgeerscheinungen der Läsion des Ammonshorns, doch findet man bei ihnen 4 Versuche beschrieben, wo das Ammonshorn partiell zerstört wurde. Sie gelangen mit Rücksicht auf diese Versuche zu dem (schon früher erwähnten) Satz, daß das Ammonshorn das Centrum der Riechsphäre darstellt, dessen Läsionen, selbst wenn sie nur partielle sind, hochgradige Störung der Riechfunktion bewirken. — Außerdem wird dabei, in Übereinstimmung mit den ursprünglichen Angaben Luciani's, auf Beziehungen des Ammonshorns zu der Seh- und Hörsphäre hingewiesen.

Es ist jedoch zu bemerken, daß auch diese Experimente von Luciani und Sepilli bezüglich der befolgten Operationsmethoden und

---

[1]) Ferrier and Jeo, A record of the cerebral hemispheres. Philosoph. transactions, Part II, 1884—1885.

[2]) H. Munk, Über die Fühlsphären der Gehirnrinde. Sitz.-Ber. d. K. preuß. Academie d. Wissensch. 14. Juli 1892, Bd. 36, S. 679—723.

[3]) H. Munk, Über die Funktionen der Großhirnrinde. Berlin 1881.

[4]) Luciani, On the sensorial localisations in the cortex cerebri. Brain. Juli 1884, Part XXVI.

der aus den Versuchen abgeleiteten Schlüsse nicht einwandfrei genannt werden können, wie dies aus der Arbeit von Osipov hervorgeht.[1])

Aus seinen hierbezüglichen Experimenten erkannte nämlich Osipov daß das Ammonshorn für die Haut- und Muskelsensibilität gar keine Bedeutung hat. Ebensowenig konnten Störungen der Hörsphäre bei den von ihm operierten Versuchstieren nachgewiesen werden. — Was die Amaurose betrifft, welche bei derartigen Eingriffen zur Beobachtung kommt, so beruht sie nicht auf der Beschädigung des Ammonshorns selbst, sondern hängt ab von der Durchschneidung der Leitungsbahnen, welche zu den unverletzten Teilen der grauen Substanz der Sehsphäre hinziehen. Auch deutliche Störungen des Geschmacks- und Geruchssinnes konnte Osipov in seinen Versuchen nicht nachweisen. — Osipov bezweifelt daher die Beziehungen des Ammonshorns zu der Haut- und Muskelsensibilität, sowie zu den Funktionen des Sehens, Hörens, Riechens und Schmeckens. Nach seiner Meinung kommt dem Ammonshorn überhaupt eine selbständige Funktion nicht zu.

Ferranini bediente sich eines besonderen Verfahrens, um beim Hunde das Supraorbitalgebiet der Gehirnrinde zu zerstören.[2]) Als er dann die operierten Tiere näher untersuchte, fand er auf der Seite des Eingriffes eine Abschwächung des Geschmackssinnes und der Riechfunktion, doch hielten diese Erscheinungen nur einige Tage nach der Operation an und verschwanden dann schnell, ein Befund, welcher augenscheinlich gegen die Existenz von Beziehungen dieser Gehirnregion zu den erwähnten Sinnesqualitäten spricht.

Einige Beobachter verlegen übrigens die Centra der Geschmacksfunktion nicht an die Gehirnbasis, sondern an die konvexe Oberfläche der Gehirnhemisphäre. In dieser Beziehung nenne ich die an Hunden ausgeführten Untersuchungen von Schtscherbak, welcher nach zweiseitiger Abtragung der Parietalregion der Gehirnrinde Verlust des Geschmackssinnes bei den operierten Tieren beobachtete.[3]).

Auch Tonnini will nach Läsionen der Außenfläche der Hemisphären neben anderen Störungen Alteration der Geschmacksfunktion gefunden haben.[4])

b) Experimentelle Befunde.

Man ersieht schon aus dem Gange der bisherigen Untersuchungen, wie schwankend die Befunde über die Lokalisation des Geschmackscentrums in der Gehirnrinde bisher waren. Es waren im Hinblicke hierauf in meinem Laboratorium mehrere Untersuchungsreihen durchgeführt, um Klarheit über die Lokalisationsverhältnisse des kortikalen Geschmackscentrums zu gewinnen.

Ich habe mich schon, gestützt auf eigene Untersuchungen [5]) ursprünglich in dem Sinne geäußert, daß die Region des Operculum bei den Primaten als Geschmackscentrum funktioniert.

---

[1]) Osipov, Untersuchungen über die physiolog. Bedeutung des Ammonshorns. Nevrol. vêstn. 1900.

[2]) Ferranini, Sur la physiologie du lobe orbitaire. Riforma medica 1901, Bd. III, Nr. 12.

[3]) Sčerbak, Über die Lokalisation der Geschmackcentra. Vêstn. klin. i sud. psihiatr. 1891, Bd. 1.

[4]) Tonnini, Rivista sper. di freniatria, vol. XXIV u. XXV, 1898 u. 1899.

[5]) Bechterew, Leitungsbahnen. Leipzig 1898.

Im Anschlusse daran wurden im Laufe der letzten Jahre in meinem Laboratorium dahingehende Experimente von Šipov, Trapešnikov, Larionov und Gorškov angestellt, welche, wie mir scheint, die Lokalisationsverhältnisse des Geschmackscentrums in der Gehirnrinde des Hundes definitiv festgelegt haben.

Vor allem wurde vor einiger Zeit in meinem Laboratorium eine ganze Reihe von Versuchen durchgeführt, bei welchen das Ammonshorn bzw. der Gyrus hippocampi und der Gyrus fornicatus des Hundes zerstört wurde. In beiden Fällen konnten irgendwelche Störungen der allgemeinen Sensibilität oder des Geschmackssinnes bemerkt werden (Dr. Šipov). Die noch von vielen Autoren festgehaltene Annahme von Geschmackscentren im Bereiche des Gyrus hippocampi wird durch diese Versuchsbefunde hinfällig gemacht; sie entsprechen auch nicht der Annahme von Beziehungen des Gyrus fornicatus zu dem Geschmackssinne.

Aus weiteren Versuchen an Hunden (Dr. Trapešnikov[1]) ging hervor, daß die Zerstörung des unteren Abschnittes der vierten äußeren Windung entsprechend dem Winkel zwischen der Fissura olfactorius und der Fissura praesylvia dicht über dem Lobus olfactorius zu einer Abschwächung des Geschmackssinnes auf der dem Eingriff entgegengesetzten Seite führt. Die bilaterale Zerstörung der angezeigten Rindenstelle bewirkt neben Störungen des Kauens eine zweiseitige Abschwächung des Geschmackes und des Appetites. — Auch stellte sich bei Gelegenheit dieser Versuche heraus, daß die Zerstörung der bezeichneten Rindenfläche eine Faserdegeneration zur Folge hat, welche man mittels der Marchi'schen Methode dicht bis an die Kerne des Glossopharyngeus im Verlängerten Mark verfolgen kann.

Auch in einer Reihe späterer Experimentaluntersuchungen meines Laboratoriums (Dr. Larionov[2]) trat eine Abschwächung des Geschmacksvermögens jedesmal ein, wenn man die Region der vierten äußeren Windung an der vorhin näher beschriebenen Stelle verletzte.

In eingehender Weise behandelt schließlich die ganze Frage des kortikalen Geschmackscentrums die aus meinem Laboratorium hervorgegangene Spezialarbeit von Dr. Gorškov, welche ganz besonders die Topographie der kortikalen Geschmackscentra in den Vordergrund der Betrachtung rückt.[3])

Man bediente sich zum Zwecke der Versuche solcher Hunde, welche einen ganz besonders ausgeprägten Geschmack verrieten und welche infolgedessen auf verschiedene Schmeckstoffe selbst von relativ geringer Intensität lebhaft reagierten. Es versteht sich von selbst, daß diese Hunde bezüglich ihres Geschmacksvermögens schon vor der Gehirnoperation mehrfach genau untersucht wurden und ebenso, daß man sie in dieser Beziehung nach der Operation während einer längeren Zeitdauer prüfte. Die Versuchstiere wurden gewogen, ferner die allgemeine Sensibilität und der Geruch auf jeder Seite besonders untersucht.

Was den Geschmack betrifft, so wurde diese Funktion bei den Versuchstieren auf doppelte Weise geprüft; man brachte die Schmeckstoffe entweder auf die Zungenoberfläche oder man mischte solche Stoffe dem Futter bei; in beiden

---

[1]) Trapešnikov, Die centrale Innervation des Schluckens. Dissert. St. Petersburg 1897.

[2]) Larionov, Die Rindencentra des Gehörs. Dissert. St. Petersburg 1898.

[3]) Gorškov, Die Lokalisation der Geschmackcentra in der Gehirnrinde. Obosrên. psihiatr. 1900.

Fällen gelangten dabei flüssige und pulverförmige Geschmacksstoffe zur Anwendung. Flüssige Geschmacksstoffe fügte man entweder der flüssigen Nahrung bei oder durchtränkte damit feste Teile des Futters. Pulverförmige Substanzen streute man auf die Zungenoberfläche, mischte sie mit flüssiger Nahrung oder bepuderte Brod, Fleischstücke usw. damit. Als Süßstoffe dienten Lösungen von Rohrzucker, Zucker in Stücken, Zuckerpulver; als saure Schmeckstoffe dienten Zitronensäure, Essigsäure, manchmal auch Salzsäure; als Bitterstoffe wählte man mehrere geeignete Mittel zu den Untersuchungen, vor allem aber das salzsaure Chinin in Lösung, auch 5proz. Lösungen von Coloquinten- und Aloëdekokt; von salzig schmeckenden Substanzen wurde Kochsalz in Lösung angewandt. — Zur Auftragung flüssiger Schmeckstoffe auf die Zunge diente eine gewöhnliche Tropfpipette mit ausgezogener Spitze und Gummiballon am Griffende. An die Pipette gewöhnen sich die Hunde meist sehr schnell.

Die Lösungen werden zunächst auf die eine Seite der Zungenspitze unter Einführung der Pipette zwischen den Zähnen, dann auf die Zungenbasis derselben Seite gebracht, wobei die Pipette zwischen Wange und Zähnen in dem Raume zwischen der Unterlippe und dem Zahnfleisch des Unterkiefers bis zur hinteren Wangenwand eingeführt wurde. Dabei gelangte die Schmecklösung hinter den letzten Zähnen zur Zungenwurzel und blieb bei entsprechender Neigung des Kopfes immer auf die eine Seite der Zunge beschränkt. In analoger Weise prüfte man die Spitze und Basis der anderen Zungenhälfte.

Zur Auftragung pulverförmiger Substanzen diente ein Skalpellstiel oder Pinsel. Das Beimischen von Schmeckstoffen zu festem und flüssigem Futter bedarf keiner besonderen Erläuterung. Zu bemerken ist jedoch, daß die dem Versuchstier vorgelegten Stücke nicht allzu klein sein dürfen, da sie sonst zu schnell verschluckt werden, und nicht so hart, daß sie beim Kauen dem operierten Tier Schmerzen bereiten.

Nach jeder Prüfung wurde die Mundhöhle mit Wasser ausgespült. Zu weiteren Untersuchungen ging man erst dann über, wenn der Hund sich von der vorhergehenden ganz erholt hatte.

Die Prüfung des Geschmackes erfolgte an nicht allzu hungerigen, aber auch nicht allzu satten Hunden.

Außerdem achtete man in jedem Fall auf das individuelle Verhalten der Versuchstiere zu dem Futter. Einige der Hunde nahmen z. B. rohes Fleisch nicht an, fraßen aber gern gekochtes und gebratenes Fleisch; manche lehnten dunkles und weißes Fleisch ab, andere verzehrten beides; einige Hunde tranken gern Milch, andere nicht.

Verglichen wurde ferner die Reaktion der Versuchstiere auf Schmeckstoffe im Vergleich zu einfachem destillierten Wasser, welches in der oben angegebenen Weise mit der Zunge in Berührung gebracht wurde.

Man begann die Prüfung stets mit schwächeren Lösungen und ging dann zu stärkeren Lösungen über. Das Wasser und die Lösungen hatten die gleiche Temperatur.

Schließlich untersuchte man auch die allgemeine Sensibilität und die Temperaturempfindlichkeit der Zunge der Versuchstiere.

In diesen Versuchen, zu denen 42 Tiere benutzt wurden, prüfte man auf dem Wege der Läsion eine Reihe von Rindenpartien, und zwar sowohl solche, wo schon früher der Sitz des Geschmackssinnes vermutet worden war, als auch alle übrigen Rindenflächen der oberen, äußeren und inneren Seite des Gehirns.

Die Läsion der Teile erfolgte dabei uni- und bilateral, im letzteren Falle gleichzeitig oder in verschiedenen Sitzungen.

Die Dauer der Beobachtung der operierten Tiere schwankte zwischen mehreren Tagen und einigen Monaten.

Das Ergebnis dieser Versuche war im wesentlichen folgendes:

Nach bilateraler Zerstörung eines Rindenfeldes, welches sich im vorderen-unteren Abschnitt der dritten und vierten Primärwindung (Gyrus sylviacus, Gyrus ectosylvius und Gyrus compositus anterior) findet, tritt eine mehr oder weniger hochgradige Abschwächung des Geschmackes ein, während die Zerstörung anderer Rindenpartien beim Hunde keine merkliche Abnahme des Geschmackssinnes nach sich zieht.

Im Falle der Zerstörung des Geschmacksfeldes der einen Hemisphäre kommt es zu einer deutlichen Herabsetzung des Geschmackes auf der anderen Seite und zu einer weniger auffallenden Herabsetzung auf der gleichen Seite. Dies deutet auf eine partielle Kreuzung der Geschmacksfasern. Außer dem Schmeckvermögen geht dabei auch die Tastsensibilität der Zunge herab, und zwar bei unilateraler Läsion ebenfalls mehr auf der anderen, als auf der gleichen Seite.

Von der Ausdehnung der Läsion hängt sowohl der Grad, als auch die Dauer der Geschmacksstörung ab. Bei geringfügigen Läsionen z. B. tritt schon nach wenigen Tagen eine Restitution des Schmeckvermögens ein; bei ausgedehnten Zerstörungen dagegen können selbst nach Verlauf von Wochen noch Alterationen des Geschmackes nachgewiesen werden. Im Falle bilateraler Läsion restituiert sich der Geschmackssinn langsamer, aber die Restitution ist immerhin nachweisbar, und zwar erfolgt sie leichter und schneller im Falle partieller Zerstörung der Geschmacksregion in beiden Hemisphären. Solche partielle Läsionen des Schmeckfeldes ziehen eine Abschwächung des Geschmackes für bestimmte einzelne Geschmacksempfindungen nach sich, was den Beweis dafür liefert, daß in den verschiedenen Teilen des Schmeckfeldes der Vorderhirnrinde die Hauptqualitäten der Geschmacksempfindung: bitter, salzig, sauer und süß für sich lokalisiert sind (Fig. 400).

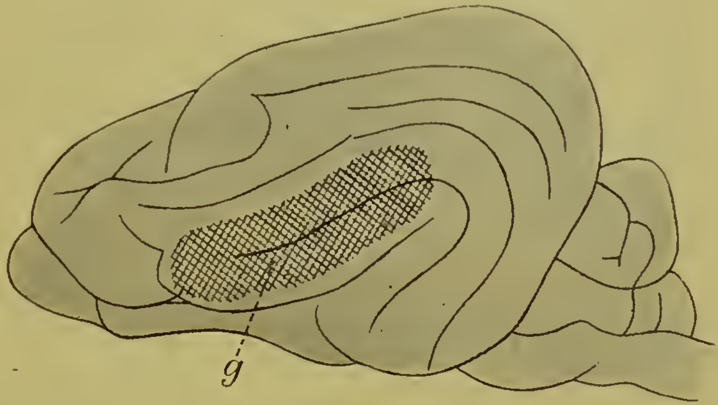


Fig. 400.
Äußere Oberfläche des Gehirns des Hundes.
g Region des Geschmackcentrums.

Ganz genau das Rindenterritorium für jede einzelne von den erwähnten Geschmacksqualitäten zu ermitteln, ist vorläufig nicht möglich. Aus der Vergleichung einer ganzen Reihe von Versuchen geht jedoch hervor, daß die einzelnen Geschmacksgebiete in der vorhin bezeichneten Rindenregion in Gestalt einer Skala angeordnet sind, welche die folgende, nur mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit darstellbare Gliederung aufweist: im Gyrus sylviacus (vierte Windung) und in dem zunächst angrenzenden Teil des Gyrus ectosylvius anterior (dritte Windung) finden sich in der Richtung von vorn nach hinten vorzugsweise die Rindenfelder für bitteren und salzigen Geschmack; im Gyrus ectosylvius anterior liegen in der Richtung von vorn nach hinten die Rindenfelder für sauer und süß und zugleich findet sich hierselbst das Rindengebiet für die taktile Sensibilität der Zunge. Dieses letztere Gebiet liegt im Bereiche des Gyrus ectosylvius anterior in der Nachbarschaft des Gyrus suprasylvius anterior.

Es verdient besonders betont zu werden, daß bei der Reizung der Zungenschleimhaut des Hundes mit Geschmacksstoffen nahezu konstant

bestimmte Reflexbewegungen der Zunge und der Lippen auftreten, welche nach erfolgter Abtragung des kortikalen Schmeckfeldes verschwinden oder schwächer werden. Man muß dieses Feld demnach als Rindencentrum des Geschmackssinnes ansehen, in welchem die differenzierten Geschmackseindrücke ihren Ursprung nehmen.

Möglich ist es auch, daß in der nächsten Umgebung dieses Rindenfeldes sich das Gebiet für die Festhaltung bzw. Ablagerung der Geschmackseindrücke und Geschmacksabdrücke findet, von welchem auch Reflexbewegungen zur Auslösung kommen. Allein Spezialversuche liegen in dieser Beziehung noch nicht vor; daher ist die genanere Lokalisation des in Rede stehenden Gebietes vorläufig nicht durchführbar. Einige von unseren Versuchen (Dr. Trapešnikov) deuten auf eine Lokalisation dieses Rindenfeldes in der Nähe des vorderen Abschnittes der vierten und vielleicht auch der dritten Primärwindung; aber dieses Ergebnis ist, wie gesagt, nur erst bloße Vermutung.

Ganz unlängst erschien eine Arbeit von Dr. Tihomirov[1]), wo versucht wird, die — übrigens nicht hinreichend begründete — Annahme Babkin's als richtig zu erweisen, wonach der sog. bedingte speichelsekretorische Reflex von den Sinnescentren der Gehirnrinde zum Gesckmacksfelde gelangen und von letzterem direkt dem Verlängerten Marke übermittelt werden soll. Alles in allem stützt er sich auf vier Versuche (zwei davon mit einseitiger und zwei mit doppelseitiger totaler oder partieller Abtragung des Centrums), und will nun gefunden haben, daß der bedingte Reflex nicht verschwindet, wenn vorher das kortikale Geschmackscentrum abgetragen wurde. Auch ein Erlöschen oder eine Abschwächung des Geschmackes bei den von ihm operierten Versuchstieren vermochte er nicht nachzuweisen. — Es ist jedoch zu bemerken, daß Tihomirov die Reizschwelle des Geschmackes bei den von ihm operierten Tieren nicht vorher festgestellt hat, was jedenfalls sehr wesentlich ist, und die Tiere in einer Phase untersuchte, wo bereits eine Kompensation der zerstörten Rindenterritorien durch andere eingetreten sein konnte. — Im Gegensatze dazu haben die späterhin in meinem Laboratorium ausgeführten Untersuchungen von Dr. Bêlicki die Richtigkeit der Lokalisation des Geschmackscentrums in der vorhin angegebenen Region der Gehirnrinde dargetan; auch ging aus diesen Untersuchungen die absolute Notwendigkeit einer vorherigen Feststellung der Reizschwelle des Geschmackes bei den operierten Tieren deutlich hervor. Auch stellte sich im Verlaufe dieser Experimente heraus, daß eine Kompensation der zerstörten Rindenpartien im Laufe der Zeit relativ leicht eintritt, ein Umstand, welcher in den Experimenten von Dr. Tihomirov gar keine Beachtung gefunden hat.

Um die Lokalisationsverhältnisse des kortikalen Schmeckcentrums zu ermitteln, wurden in meinem Laboratorium Spezialversuche (Dr. Golant) angestellt, wobei es sich um Erziehung des assoziativ-motorischen Reflexes auf Geschmackreize handelte. Wie auch in anderen Fällen, erscheint anfänglich dieser Reflex undifferenziert; er entsteht bei Applikation von reinem Wasser auf die Zungenoberfläche ebenso gut, wie bei Einführung eines beliebigen Geschmackstoffes; erst bei weiterer

---

[1]) Dr. Tihomirov, Versuch einer streng objektiven Darstellung der Funktionen der großen Hemisphären des Hundes. St. Petersburg 1906.

Erziehung speziell auf einen bestimmten Geschmackstoff differenziert er sich bezüglich dieses letzteren. Bei einem Hunde mit erzogenem associativ-motorischen Geschmacksreflex der linken Pfote, zerstörte man nun die linke Hemisphäre, worauf der Reflex noch fortbestand, während nach Zerstörung des Geschmackcentrums der anderen Hemisphäre der Reflex ganz ausblieb. Der Hund überlebte leider die zweite Operation nur einige Tage, weshalb dieser Versuch nicht ganz überzeugend ausfiel.

2. Bewegungserscheinungen, welche von der Region des Geschmacksfeldes aus erhalten werden können.

Wie im Bereiche der übrigen Sinnescentra der Gehirnrinde, so findet man auch im Gebiete des Geschmackscentrums besondere Stellen, deren Reizung Kontraktionen von Muskeln auslöst, deren Tätigkeit sich unter unmittelbarer Kontrolle entsprechender sensibler Reize befindet.

In dieser Beziehung beobachtete schon Ferrier bei der Reizung des frontalen bzw. vorderen Abschnittes der vierten Windung Aufwärtsziehen der Oberlippe und Erweiterung der Nasenöffnungen. Auch bei den entsprechenden Untersuchungen meines Laboratoriums konnte festgestellt werden, daß die faradische Stromreizung des unteren Abschnittes des Gyrus sylviacus anterior eine Zusammenziehung der Lippen auf der der Reizung entgegengesetzten Seite zur Folge hat (Fig. 401).

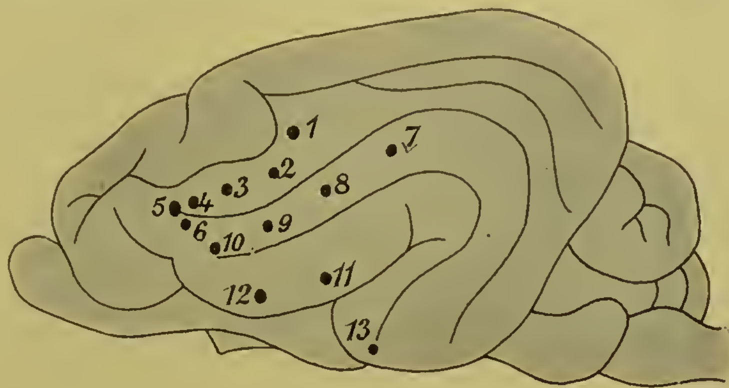


Fig. 401.
Äußere Oberfläche des Gehirns des Hundes.
1 Lidschluß, hauptsächlich kontralateral; *2* Kontraktionen der kontralateralen Wange; *3* Kieferschluß; *4* Bewegungen der Zunge; *5* Kontraktionen des kontralateralen Mundwinkels und Kieferöffnung; *6* Schlucken; *7* Kontraktionen des kontralateralen Ohres; *8* Lidschluß kontralateral; *9* Kontraktionen des kontralateralen Mundwinkels; *10* Mundöffnen, manchmal auch Zungenbewegungen; *11* schwache Kontraktionen der Oberlippe kontralateral; *12* Schlucken.



Fig. 402.
Graphische Darstellung des Schluckaktes, erzielt vom Punkte *a* (Bechterew und Ostankow).

Ferner haben Spezialuntersuchungen meines Laboratoriums (Dr. Trapešnikov) den Nachweis erbracht, daß man durch Reizung des Ge-

schmackscentrums Zungen- und Schluckbewegungen hervorrufen kann, und zwar unabhängig von dem von mir und Ostankov aufgefundenen Centrum (Fig. 401) der motorischen Zone, welches ebenfalls Schluckbewegungen liefert (Fig. 402).

Diese Zungen- und Schluckbewegungen, welche man vom Gebiete des Geschmackscentrums erhält, hören auch nach erfolgter Umschneidung des betreffenden Rindenfeldes nicht auf, während die Unterminierung dieses Rindenfeldes die in Rede stehenden Bewegungen definitiv aufhebt.

Bei den Affen erzielt man Kau- und Schluckbewegungen bekanntlich durch Reizung des alleruntersten Abschnittes der Centralwindungen. Ich vermochte dies bei Gelegenheit eigener hierbezüglicher Experimente als richtig zu bestätigen. Die Erscheinung steht in vollster Übereinstimmung mit dem von mir gewonnenen Befunde, wonach das kortikale Geschmacksfeld sich bei den Affen im Gebiete des Operculum befindet.

3. Pathologische Zustände.

Was die klinischen Beobachtungen betrifft, welche den hier erörterten Gegenstand berühren, so ist zunächst zu bemerken, daß ihre Zahl äußerst gering ist. Jedoch kann man nicht umhin, sich der Tatsache zu erinnern, daß bei gewissen Affektionen der Gehirnrinde, so z. B. bei Epileptikern und bei der Dementia paralytica[1]) nicht selten partielle Alterationen des Geschmackes angetroffen werden. Dies stimmt vollkommen zu den vorhin dargelegten Befunden, wonach die verschieschiedenen Geschmacksqualitäten sich in besonderen Partien der Vorderhirnrinde konzentrieren.

Bekannt sind auch klinische Beobachtungen über andauernden Verlust des Geschmackes und des Geruchs infolge von traumatischen Beschädigungen des Schädels. Einen solchen Fall hat Oyle[2]), einen andern Ferrier mitgeteilt. Leider sind diese Fälle nicht von Sektionsbefunden begleitet.

In einem von Peltier geschilderten Fall[3]) handelte es sich um einen Kranken mit bis an die Basis reichender Schädelfraktur. In den auf die Verletzung folgenden Tagen zeigte der Kranke anhaltenden Verlust des Geschmackes und Geruches.

Auch ich beobachtete einen Fall von totalem Schwund des Geschmackes und Geruches im Anschluß an ein Trauma der Schädeldecken im Bereiche der Scheitelregion; eine Sektion hat jedoch auch hier nicht stattgefunden.

Was die klinischen Erfahrungen betrifft, welche zu der Lokalisation des Geschmackssinnes in Beziehungen stehen, so ist im Hinblicke auf die vorhin dargelegten Angaben betreffs der Bedeutung des Ammonshorns zu bemerken, daß einige Autoren, wie Meynert, Sommer[4]), Bratz[5]), bei Epileptikern nicht selten sklerotische Erscheinungen im Ammonshorn bzw. im Gyrus hippocampi und in dessen Nachbarschaft vorfanden.

---

[1]) Dr. Plerman, Obosrên. psihiatr. 1899, Nr. 9.
[2]) Oyle, Med. Chirurg. Transact. 1870.
[3]) Peltier, Fracture du crâne. Sem. méd. 1872.
[4]) Sommer, Arch. f. Psych. 1880, Bd. 10.
[5]) Bratz, Allg. Zeitschr. f. Psych. 1892, Bd. 56.

Von der Genese dieser Affektion ganz abgesehen, fällt es unter allen Umständen auf, daß der Verlust der Geschmacksempfindungen bei Epileptikern relativ selten zu beobachten ist. Auch Sommer, welcher unter 90 Fällen von Epilepsie das Ammonshorn 30 Mal affiziert fand, betont die relative Seltenheit von Störungen des Geschmacks-, sowie des Geruchsvermögens bei dieser Krankheit.

Allerdings sind diese Beobachtungen im Sinne einer Lokalisation des Geschmackscentrums nicht ganz ausschlaggebend, denn es wurden dabei nicht jene einzelnen Fälle beachtet, wo der Geschmackssinn bei ausgiebiger Sklerose des Ammonshorns sich erhalten hatte.

Ich möchte daher vom Standpunkte der hier behandelten Frage eine besondere Bedeutung jener von mir mitgeteilten Beobachtung beimessen, wo es sich um bilaterale Zerstörung nahezu des ganzen Gyrus hippocampi samt einem Teil des Ammonshorns und der Gyrus uncinatus handelte, einschließlich der entsprechenden subkortikalen weißen Substanz des Schläfenlappens und wo demungeachtet der Geschmack bei tiefgehender Störung des Gedächtnisses erhalten blieb.[1] Aus diesem Falle geht zweifellos hervor, daß die von einigen Autoren vermutete oder angenommene Lokalisation des Geschmackssinnes im Gebiete des Gyrus hippocampi und des Ammonshornes für den Menschen keine Gültigkeit hat bezw. durch die Beobachtung am Menschen nicht bestätigt wird.

Auch in dem hierhergehörigen, von Bouchard mitgeteilten Fall[2]) (es bestand in demselben bilaterale porencephalische Destruktion der Spitze des Schläfenlappens unter Beteiligung der Region des Ammonshorns, des Gyrus hippocampi, eines Stückes des Gyrus fornicatus und des Lobulus lingualis) wurden Veränderungen des Geschmackes, des Geruches, sowie der allgemeinen, taktilen und muskulären Sensibilität nicht beobachtet. Doch zeigten sich bei dem Kranken hochgradige Veränderungen der psychischen Sphäre mit Erscheinungen melancholischer Depression, Amnesie und mangelhafter Orientierung in der Umgebung.

Ferner berichtet Ballet über einen Fall[3]), wo bei Erhaltung der allgemeinen und speziellen Sensibilität eine ausgedehnte Affektion der temporo-basalen Hirnpartien bestand. — In einem anderen Falle bemerkte man tiefgehende Störungen der allgemeinen Sensibilität, doch war das Hören, Sehen, Schmecken und Riechen vollkommen unversehrt geblieben. Bei der Sektion stieß man auf eine Affektion beider Scheitelläppchen, des oberen und unteren, und der gesamten Temporosphenoidalregion und der Hinterhauptwindungen.

Alle diese Befunde deuten offenbar darauf hin, daß die Region des Geschmackscentrums beim Menschen an der Außenfläche der Gehirnhemisphären gesucht werden muß.

Selbstverständlich ist aber im Hinblicke auf die Erscheinungen des Tierversuches anzunehmen, daß das Geschmackscentrum beim Menschen im Bereiche des Operculum in der Nachbarschaft der Inselwindungen und in der Nähe der Zungen-, Kau- und Schluckcentra zu lokalisieren sein wird.

---

[1]) Bechterew, Obosrên. psihiatr. 1899, Nr. 7.
[2]) Bouchard, Revue mensuelle 1902, Nr. 9.
[3]) Ballet, Thèse de Paris 1881.

Es liegen indessen in dieser Beziehung keine direkten klinischen Beobachtungen über Fälle von Zerstörungen der soeben bezeichneten Rindenregion vor, wo auf die Verhältnisse der Geschmacksfunktion besonders acht gegeben worden wäre. Immerhin ist in einer Reihe von Fällen von kortikaler Pseudobulbärparalyse bei bestehender Affektion der unteren Abschnitte der Centralwindungen auch das Vorkommen mehr oder weniger ausgesprochener Alterationen des Geschmackes mehrfach bemerkt worden.

Den Befunden im Tierversuche stehen ferner jene Beobachtungen zur Seite, wo pathologische Herde, welche im Gebiet des Operculum ihren Sitz hatten, zu Kaumuskelkrampf Anlaß gaben. Einen solchen Fall schilderte Popov.[1]) Da durch das Tierexperiment festgestellt ist, daß die Reizung der kortikalen Geschmacksregion Kontraktionen der Lippen-, Zungen-, Kau- und Schluckmuskulatur bewirkt, so deutet der in Rede stehende Fall von Kaumuskelkrampf entschieden auf eine Lokalisation des Geschmacksfeldes beim Menschen im Bereiche des Operculum.

Von Herdaffektionen mit Verlust des Schmeckvermögens ist ferner der Fall von van Gehuchten hier anzuführen[2]), wo zu Lebzeiten epileptiforme Anfälle mit Überwiegen der Krämpfe auf der linken Seite beobachtet wurden. Der Kranke klagte über unangenehmen Geschmack im Munde, verbunden mit einer schwachen Geruchsempfindung, welche einige Minuten vor jedem Schwindelanfall auftrat. Jedoch blieben Geschmack und Geruch in den anfallfreien Zeiten vollkommen unversehrt. Bei der Sektion stieß man auf eine Neubildung, welche die ganze Dicke des linken Linsenkerns okkupierte, ferner das Claustrum und einen großen Teil der Windungen der Insula Reilii. Durch Gewebsnekrose und Hämorrhagien war dabei ein großer Teil der basalen Fläche der Gehirnrinde zerstört worden.

Gyon beobachtete einen Kranken, welcher seit jeher an Verlust des Geschmacks und Geruchs litt. Die Obduktion ergab einen zweifingerlangen Abszeß entsprechend dem vorderen Teil der ersten Temporosphenoidalwindung, welcher sich in der Richtung nach außen und unten bis an die Varolsbrücke erstreckte.[3])

Diese beiden zuletztgenannten Fälle können aber wegen der großen Ausdehnung der Affektion, um welche es sich dabei handelte, nicht zur Feststellung der genaueren Lokalisation des Geschmackscentrums bei dem Menschen Verwertung finden.

Klinisch beobachtete Fälle mit psychischen Störungen der Geschmacksfunktion sind in der Literatur bisher nicht beigebracht worden. Doch sind mir hin und wieder Kranke vorgekommen, welche zwar Geschmacksempfindungen perzipierten, aber den Charakter der Empfindung nicht einmal annähernd angeben konnten und überhaupt bekannte Schmeckstoffe nicht unterschieden. In den hierher gehörigen Fällen fehlt es aber an den Sektionsbefunden und man kann sich daher von der genaueren Lagerung der Centra der Geruchsvorstellungen beim Menschen kein sicheres Bild machen.

---

[1]) N. M. Popov, Nevrolog. vêstn. 1899.
[2]) van Gehuchten, Soc. belg. de neurol., 27 févr. 1900.
[3]) Guyon, Brit. Med. Journ. 1878.

Auf Grund meines vorhin erwähnten Falles von beiderseitiger Erweichung des Gyrus pyriformis und des Ammonshorns nebst einem Teile der Schläfenwindungen bei bestehender Erhaltung des Schmeckvermögens kann man nur sagen, daß diese Rindenregionen nicht zu den Geschmacksvorstellungen in näherer Beziehung stehen. Überhaupt liegt kein Anlaß vor, die entsprechenden Rindenfelder an der Basalseite des Gehirns zu suchen. Augenscheinlich muß das Rindengebiet für die Festhaltung der Geschmackseindrücke ebenfalls irgendwo in der Nachbarschaft des Rindenfeldes für die Geschmacksperzeption seine Lage haben.

4. Die subkortikalen Leitungsbahnen der Geschmackssphäre.

Fragt man nach der Anordnung der subkortikal verlaufenden Leitungsbahnen der centralen Geschmacksregion, so wird man zunächst davon auszugehen haben, daß die centripetale Leitung dieser Region zu suchen ist in den Fortsetzungen jener Geschmachsfasern der Schleifenschicht, welche im postero-lateralen Abschnitt des Thalamus bezw. im Nucleus ventralis desselben zur Unterbrechung gelangen.

Von dieser Gegend aus steigen die entsprechenden Fasern dann unter Durchsetzung des medialen Teiles des hinteren Schenkels der Capsula interna im Stabkranze des Thalamus rindenwärts empor und begeben sich zur Region des Geschmackscentrums der Gehirnrinde.

Wenigstens hat Ballet bei der Untersuchung von Schnittserien des Gehirns gefunden, daß die Geschmacksleitungen, wie auch die Leitungsbahnen der allgemeinen Sensibilität in den mehr medial gelegenen Teilen der inneren Kapsel ihren Weg nehmen.

In Gesellschaft der Geschmacksfasern steigen nach erfolgter Unterbrechung im postero-lateralen Abschnitt des Thalamus zur unteren Region der Centralwindungen auch die centralen Leitungen des Nervus trigeminus empor. Dieses Verhalten ergibt sich namentlich aus dem von Flechsig und Hösel, sowie von anderen Autoren beigebrachten Befundmaterial.

Auch derjenige Teil der centripetalen Leitungsbahnen, welcher die Empfindungen von der Oberfläche der Zunge und der Bogen des weichen Gaumens übernimmt, ist ebenfalls als centripetale Bahn der Geschmacksregion anzusehen. Denn die Zerstörung des kortikalen Schmeckfeldes wird, wie wir gesehen haben, in jedem Fall von einer Abschwächung der Sensibilität der Zunge begleitet.

Was die centrifugalen Leitungsbahnen betrifft, welche sich von der Region des Geschmackscentrums zu der Formation der Subkortikalgegend begeben, so ist vor allen Dingen zu betonen, daß das Geschmackscentrum in nächster Beziehung steht zu den Lippen-, Zungen-, Kau- und Schluckbewegungen, welche, wie wir sahen, durch Reizung der Region des Geschmackscentrums leicht ausgelöst werden können.

Daraus ergibt sich, daß die Leitungsbahnen für diese Bewegungen, welche von den Kernen des Facialis, Hypoglossus, Trigeminus und Glossopharyngeus abhängen, als centrifugale Leitungen der Geschmacksregion funktionieren.

In der Tat beobachtete man bei Gelegenheit hierbezüglicher Untersuchungen meines Laboratoriums (Dr. Gorškov) nach vollzogener Zerstörung des Geschmackcentrums der Gehirnrinde als Folgeerscheinungen unter anderem absteigende Degeneration im Bereiche der inneren Kapsel, sondern absteigende Degeneration im Gebiete der Pyramidenbahn und in den Fasern, welche in den motorischen Kernen des Accessorius, Hypoglossus, Facialis und Oculomotorius ihre Endigungen finden.

Aber abgesehen von diesen Leitungsbahnen, welche offenbar die Bedeutung von willkürlich-motorischen Leitungen für das kortikale Geschmacksfeld haben, gibt es unzweifelhaft auch unwillkürliche motorische Bahnen, welche das kortikale Geschmackcentrum mit der Substantia nigra in Verbindung setzen. Wie aus Spezialuntersuchungen meines Laboratoriums (Dr. Jurman) hervorgeht, bewirkt die Reizung des äußeren Abschnittes der Substantia nigra konstant den Schluckakt, und nach den Feststellungen von Economo ist im medialen Teil der Substantia nigra auch das subkortikale Kaucentrum eingelagert. Weiterhin bestehen unzweifelhaft centrifugale Verbindungen des kortikalen Geschmackscentrums mit dem ventralen Kern des Thalamus opticus, wie Untersuchungen meines Laboratoriums (Dr. Gorškov) haben erkennen lassen. Die physiologische Bedeutung dieser Leitungsverbindung betrifft augenscheinlich bereits die Sphäre der unwillkürlichen Ausdrucksbewegungen.

Zu erwähnen ist hier schließlich, daß Economo nach der Exstirpation des Centrums für die Zungen- und Kaubewegungen am vorderen Ende der Fissura ectosylvia Anzeichen bestehender Degeneration nicht bis an den Kern des Nervus glossopharyngeus zu verfolgen im Stande war. In seinen Fällen stieg die Degeneration durch das Gebiet der inneren Kapsel hinab; ein Teil der degenerierten Fasern erreichte die Gitterschicht des Thalamus opticus und drang von dort zu der Lamina medullaris externa vor. In dem Stratum zonale und im ventralen c-Kern, sowie vielleicht im a-Kern des Sehhügels verlieren sich die entarteten Fasern; ein anderer Teil von ihnen konnte durch die innere Kapsel hindurch in ventraler Richtung zum medialen Teil des Großhirnschenkels und von hier bis zur Substantia nigra verfolgt werden.

Um herauszufinden, welche von diesen Leitungsbahnen speziell für die Kaufunktion von Bedeutung ist, reizte Economo die Kauleitung auf Durchschnitten des Gehirns. Er verfolgte die Kauleitung dabei durch den vorderen Schenkel der inneren Kapsel in medio-ventraler Richtung zum Großhirnschenkel bis an den medialen Teil der vorderen Hälfte der Substantia nigra Soemmerringii. Hier findet sich nach der Ansicht von Economo das entsprechende subkortikale Centrum.[1])

Aus diesen Beobachtungen geht also mit Sicherheit hervor, daß neben willkürlichen motorischen Leitungsbahnen, welche das kortikale Geschmackscentrum durch den vorderen Schenkel der inneren Kapsel, die Basis des Hirnschenkels und die Schleifenschicht mit den entsprechenden motorischen Gehirnnervenkernen in Verbindung setzen, von dem Schmeckcentrum auch Leitungsbahnen zur Region des Sehhügels sich begeben, welche offenbar im Dienste unwillkürlicher, mit

---

[1]) Economo, Die centralen Bahnen des Kau- und Schluckaktes. Pflügers Archiv 1902, Bd. 91.

den Geschmacksperzeptionen verbundener Ausdrucksbewegungen stehen, sowie ferner Leitungsbahnen zur Substantia nigra. Diese Formation ist als ein subkortikales Ganglion anzusehen, welches die verschiedenen beim normalen Eßakt auftretenden Bewegungen, wie das Kauen, Schlucken und die hierbezüglichen Veränderungen der Atembewegungen, miteinander zu einem einheitlichen Gesamtakt kombiniert.

XIII.

Die Geruchsfunktionen der Gehirnrinde.

1. Anatomische Zustände.

Die in den Bulbus olfactorius hineintretenden Fila olfactoria bilden die einzige periphere Leitungsbahn der Geruchseindrücke (Fig. 403). Man hat früher, so z. B. Claude Bernard, an der Bedeutung des Bulbus olfactorius für die Leitung der Geruchseindrücke Zweifel gehegt; aber gegenwärtig ist wohl niemand in der Lage, einen realen Grund zu solchen Zweifeln namhaft zu machen.

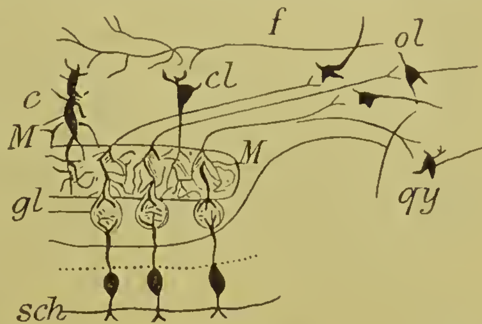


Fig. 403.
Die Fasern und Zellen im Bulbus olfactorius. Schema.

Sch Schneider'sche Membran mit Bipolarzellen; *gl* Glomeruli olfactorii; *M* Mitralzellen; *c* Körnerzelle; *cl* Nervenzelle der Körnerschicht; *f* Centrifugalfaser; *gy* Lobus piriformis; *ol* Riechfeld.

Zweifellos fällt indessen auch dem Nervus trigeminus eine gewisse Rolle bei der Differenzierung der Geruchssubstanzen zu. Es handelt sich hier aber gerade um solche Stoffe, welche überhaupt in irritativer Weise auf die Schleimhäute einwirken, wie alle anderen ätzenden Substanzen. Der Nervus trigeminus liefert uns demnach nur allgemeine Empfindungen, die jedoch für das Erkennen und Unterscheiden der Geruchssubstanzen von besonderer Bedeutung sind. Als spezifische Nerven, welche uns die eigentlichen Geruchsempfindungen übermitteln, funktionieren die Fila olfactoria, welche im Riechlappen der Tiere bezw. im Bulbus olfactorius des Menschen ihre Endigungen haben.

Die von einigen Autoren vertretene Meinung, welche besagt, daß die Geruchsempfindungen die Hauptrolle bei der Ausbildung des Geschlechtstriebes der Tiere spielen, entspricht nicht ganz den tatsächlich bestehenden Verhältnissen. Denn die Abtragung beider Bulbi olfactorii beim Hund bewirkt, wie durch Untersuchungen meines Laboratoriums (Dr. Pussep) festgestellt ist, keine wesentlichen Störungen des Geschlechtstriebes. An dem Zustandekommen des Geschlechtstriebes fällt dem Geruchssinn eine vielleicht wichtige, aber jedenfalls nur akzessorische Rolle zu.

Der Lobus bezw. Bulbus olfactorius, die Endstätten der Filamenta olfactoria, stellen bekanntlich eine besondere Modifikation der Gehirn-

rinde dar. Die von hier ausgehenden Leitungsbahnen schlagen zwei verschiedene Richtungen ein:

1) die einen begeben sich, indem sie das sog. Riechfeld im Gebiete des Tuber olfactorium durchsetzen, zu den subkortikalen Gehirnganglien,

2) die anderen ziehen mit der lateralen Wurzel des Lobus bezw. Bulbus olfactorius direkt zu der Gehirnrinde.

Was die Verbindungen des Lobus olfactorius mit den subkortikalen Gehirnganglien betrifft, so ist hierüber schon an einem anderen Orte die Rede gewesen. Der Zusammenhang des Riechlappens mit der Vorderhirnrinde wird, wie ich durch das Studium des embryonalen Gehirns erkannt habe, in erster Linie durch die äußere Riechwurzel hergestellt, welche mit ihren Endaufzeichnungen zur Spitze des Schläfenlappens der gleichen Seite gelangt und in den sog. Lobus pyriformis hineintritt.

Nun besteht aber zwischen den Lobi olfactorii der beiden Seiten, wie zwischen allen subkortikalen sensiblen Centren, eine Verbindung vermittelst eines besonderen Faserzuges der vorderen Gehirnkommissur, welcher einerseits reine Kommissurenfasern enthält, andererseits kreuzende Fasern, die den Lobus olfactorius der einen Seite mit dem Bulbus olfactorius der anderen Seiten in Verbindung setzen. Die in Rede stehende kommissurale Riechverbindung entspricht augenscheinlich der physiologischen Tatsache jener unmittelbaren Beziehung zwischen den Riecheindrücken beider Seiten, welche auf der Natur des Riechorganes selbst beruht.

Was den gekreuzten Zusammenhang betrifft, so bedingt sie offenbar die gekreuzten Beziehungen der Riechlappen zu anderen Gehirnteilen.

2. Die Bedeutung der Gehirnrinde für die Geruchsfunktion.

Zu den wesentlichen und bedeutsamen Problemen der Physiologie gehört die Frage, ob ein Hund, dem man die Gehirnhemisphären abgetragen hat, irgendwelche Erscheinungen eines vorhandenen Geruchsvermögens äußert?

Die Goltz'schen Hunde waren des Geruchssinnes bekanntlich ganz beraubt. Aber in diesem Fall waren mit den Gehirnhemisphären auch die Riechlappen abgetragen worden. Daher sind die Goltz'schen Versuche für die hier aufgeworfene Frage von keiner Bedeutung.

Ich habe nun in einer besonderen Versuchsreihe die Gehirnhemisphären einschließlich der beiden Schläfenlappen operativ entfernt, ließ aber den Lobus und Bulbus olfactorius samt dem Riechfelde unversehrt. Ich versuchte sodann an solchen Tieren festzustellen, ob bei ihnen irgendwelche Äußerungen eines vorhandenen Geruchssinnes zu Tage treten. Das Resultat der Untersuchung war, daß die in der angegebenen Weise operierten Tiere auf stark riechende Substanzen deutlich reagierten; auf schwächere Riechreize jedoch waren Erscheinungen einer äußeren Reaktion nicht nachweisbar. Auch konnte nicht mit Sicherheit festgestellt werden, ob sie mit Hilfe des Geruchssinnes sich bezüglich der Nahrung zu orientieren vermochten.

Ich komme nach allen diesen Befunden zu dem Schlusse, daß die operierten Versuchstiere nicht nur der Geruchsvorstellungen beraubt sind, sondern daß auch die Geruchsempfindungen von ihnen wenigstens nicht in vollem Umfange perzipiert werden. Wenn bei Tieren ohne Gehirnhemisphären, aber mit erhaltenem Riechlappen, von einer Perzeption der Geruchseindrücke die Rede sein kann, so findet dieselbe unter allen Umständen in einer so elementaren Form statt, daß das Tier sich über Gegenstände der Umgebung, welche einen Geruch von sich geben, nicht zu orientieren im Stande ist. Man erkennt durch den direkten Versuch, daß die Reizung der SCHNEIDER'schen Membran (z. B. mit Schwefelkohlenstoff), sowie die elektrische Reizung des Bulbus olfactorius bei Tieren mit Abtragung eines größeren Teiles der Vorderhirnhemisphären unzweifelhaft auf die Zirkulation und auf die Atmung einen Einfluß ausübt, auf letztere, indem sie zu exspiratorischem



Fig. 404.

Bildung eines assoziativ-motorischen Reflexes auf Riechreiz.

e Beinbewegungen; *d* Einblasen des Riechstoffes, auf welchen der Reflex erzogen wurde; *c* Einblasen eines anderen Riechstoffes, auf welchen der Reflex nicht erzogen wurde; *b* Stromindikator; *a* Zeitindikator.

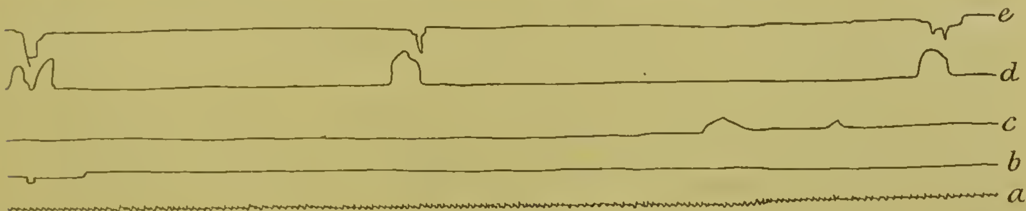


Fig. 405.

Bildung eines assoziativ-motorischen Reflexes auf Riechreiz.

Bezeichnungen wie in voriger Nummer.

Atmungsstillstand führt. Wir haben hier also einen Reflex von der spezifischen Riechnervenleitung vor uns, einen Reflex, welcher natürlich die Perzeption elementarer Geruchseindrücke nicht ausschließt. Aber weitere Schlüsse können aus dem Versuch nicht gewonnen werden.

Auf jeden Fall wird man durch die bisher dargelegten Befunde zu dem Schlusse geführt, daß die Wahrnehmung differenzierter Geruchsempfindungen, sowie die Bildung von Geruchsvorstellungen eine Funktion der Hemisphärenrinde darstellt.

Im Zusammenhang mit Riechreizen können beim Menschen und beim Tier assoziativ-motorische Reflexe mittels der in meinem Laboratorium ausgebreiteten Methode erzogen werden.

Beachtung verdienen in dieser Beziehung die Ergebnisse der Spezialversuche meines Laboratoriums (Dr. BONDYREVA).

Vermittelst einer besonderen Maske, welche mit dem den Riechstoff enthaltenen Gefäß verbunden ist, appliziert man dem zu prüfenden In-

dividuum in bestimmten Intervallen (von Minute zu Minute) den Riechreiz, welchen weder optische, noch akustische, noch taktile Reize begleiten dürfen. Gleichzeitig mit dem Riechreiz irritiert man die Fußsohle der rechten Seite mit einem mäßigen Strom der Rumkorf'schen Rolle, der hinreicht, um ein reflektorisches Abziehen des Beines zu bewirken. Nach mehrfacher (35—60 mal) Verbindung des Riechreizes mit dem elektrischen Reiz erzeugt ersterer auch ohne letzteren die reflektorische Beinbewegung, mit anderen Worten, es entsteht ein assoziativ-motorischer Reflex auf Riechreiz. Um dauernd zu werden, bedarf der assoziative Riechreflex einer sehr großen Zahl von Unterstützungen durch den elektrischen Reiz; er differenziert sich dabei zugleich, er wird spezifisch für den gegebenen Reiz; eine einfache geruchlose Luftwelle oder ein anderer Riechreiz ruft dann die Reflexbewegung des Beines nicht hervor (Fig. 404, 405).

a) Das kortikale Riechcentrum.

Literaturangaben. — Wir kommen damit zu der Frage, welche Gebiete der Gehirnrinde als Riechcentra aufgefaßt werden sollen?

In Beziehung auf diese Frage ist, wie sich bald ergeben wird, eine Einigkeit der Ansichten bisher nicht erzielt worden.

Vor allen Dingen verlegt Ferrier auf Grund des Ergebnisses seiner Experimentaluntersuchungen das Centrum der Riechfunktion in den Schläfenlappen in der Nähe der Spitze desselben.

Seine hierbezüglichen Versuche sind an Affen ausgeführt worden, welchen er mit Hilfe des Thermokauters durch die Parietal- und Temporalwindungen hindurch den Gyrus hippocampi und das Ammonshorn zerstörte.

Der Geruchssinn wurde in diesen Versuchen vermittelst Essigsäure und Ammoniak untersucht. Diese Methode der Geruchsprüfung ist aber natürlich ebensowenig einwandfrei, wie die bei den Tieren angewandte Operationsmethode zum Zwecke der Zerstörung des Gyrus hippocampi und des Ammonshornes.

In seinen Vorlesungen macht Ferrier auf den Umstand aufmerksam, daß bei den osmatischen Säugetieren, bei welchen ein gut ausgebildeter Geruchssinn zu finden ist, die Region des Gyrus hippocampi ebenfalls wohl entwickelt erscheint, während sie bei den anosmatischen Tieren nur ganz geringe Dimensionen aufweist.

Dieser Umstand hat unzweifelhaft eine große Bedeutung für die hier erörterte Frage. Indessen bildet er nicht unbedingt einen Beweis für die Lokalisation des sensitiven Geruchscentrums grade im Ammonshorn, sondern weist nur auf nähere Beziehungen des Ammonshorns zu der Geruchsfunktion hin.

Nach den Angaben Munk's, welcher die Genauigkeit der Ferrierschen Versuche ganz besonders heftig bestritt, ist das Centrum des Geruchssinnes in der Nachbarschaft der Windung des Ammonshorns zu suchen.[1])

Zu bemerken ist übrigens, daß Munk sich in diesem Fall nicht auf den direkten Versuch stützt, sondern auf den pathologischen Be-

---

[1]) Munk, Über die Funktionen der Großhirnrinde. Berlin 1881.

fund an einem seiner Versuchshunde, welchem er beide Sehsphären abgetragen hatte und welcher infolgedessen blind war. Er fand diesen Hund u. a. unfähig, Fleisch zu riechen. Die Sektion jedoch eruierte außer der durch den operativen Eingriff bedingten Läsion eine Erweichung beider Gyri hippocampi, welche in eine Cyste verwandelt waren.

Luciani nimmt auf Grund seiner Experimente an, daß das Ammonshorn den Centralpunkt einer ausgedehnten Riechregion darstellt, welche einen ansehnlichen Teil der Temporal- und Parietalregion umfaßt. Nach seinen Untersuchungen bewirkt schon eine partielle Zerstörung des Ammonshorns Abschwächung des Riechvermögens, anfangs sogar voll-vollständigen Schwund desselben. Er überzeugte sich dabei, daß jedes Riechcentrum zu beiden Nasenhälften in Beziehung steht, wenn auch vorzugsweise zu der entsprechenden Seite.

Wir haben schon früher erwähnt, daß das Ammonshorn nach Luciani auch zu der Gehör- und Sehfunktion in Beziehungen steht.

An diese Befunde Luciani's schließen sich die Untersuchungen von Fasola aus dem gleichen Laboratorium an.[1] Er entfernte beim Hunde anfangs nur ein Ammonshorn, später auch das andere. Das Ergebnis dieser Untersuchungen geht dahin, daß das Ammonshorn zu den Riech-, Seh- und Gehörfunktionen in Beziehungen steht. Da Fasola in seinen Versuchen die Läsion des Ammonshorns nach voraufgehender Abtragung der hinteren Hemisphärenteile ausführte, so ist leicht zu verstehen, daß bei den operierten Tieren sich auch Seh- und Hörstörungen einstellten.

Die in der ersten Zeit nach dem Eingriff beobachtete hochgradige Herabsetzung des Geruchsvermögens stellte sich in den nächsten 2—3 Wochen wieder vollkommen her. Dieser Umstand legt den Gedanken nahe, daß es sich in diesem Fall nicht um das sensitive Geruchscentrum gehandelt haben möchte.

In einer späteren mit Sepilli gemeinsamen Arbeit werden zwar keine speziell die Zerstörung des Ammonshorns betreffende Experimente angeführt, es werden aber unter anderem vier Versuche beschrieben, in welchen auch das Ammonshorn partiell exstirpiert worden war. Die Autoren gelangen an der Hand dieser Versuche zu dem Satz, daß das Ammonshorn den Centralpunkt der Riechsphäre darstellt, wobei schon partielle Läsionen desselben hochgradig die Riechfunktion beeinträchtigen.

Die unilaterale Abtragung des Ammonshorns bewirkte Riechstörungen auf beiden Seiten, woraus die Verfasser den Schluß ziehen, daß im Gehirn eine partielle Kreuzung der Riechfasern stattfindet. Außerdem wird auf Beziehungen des Ammonshornes zu den optischen und akustischen Funktionen auch hier hingewiesen. War nach Exstirpation der Sehsphäre in diesen Versuchen die entstehende Amaurose keine vollständige, dann führte die nachträgliche Abtragung des Ammonshornes zu totaler Seelenblindheit. Gleiches war auch bezüglich der Gehörfunktion von den Verfassern beobachtet.

Ganz einwandfrei sind diese Ableitungen indessen nicht. Denn nirgends wird von den Verfassern positiv hervorgehoben, daß in ihren

---

[1] Fasiola, Sulla fisiologia del grande hippocampo. Riv. sperim. di fren. 1885.

Versuchen eine Mitbeschädigung der Seh- und Hörsphäre nicht stattgefunden hat.

Späterhin ist von Dr. Osipov aus Munk's Laboratorium eine Untersuchung mitgeteilt worden, welche den hier behandelten Gegenstand betrifft.[1])

In den Versuchen dieses Autors wurde das Ammonshorn durch eine Cerebralwunde im Gebiete der zweiten und dritten Occipitalwindung unter Eröffnung des Seitenventrikels exstirpiert.

Nach vollzogener Abtragung des Ammonshorns der einen Seite wurde die gleiche Operation auf der anderen Seite ausgeführt.

Bei der Prüfung des Geruchssinnes benutzte der Autor Fleisch und schwach riechendes Fuselöl, welches bekanntlich auf Hunde einen äußerst unangenehmen Eindruck ausübt.

Untersucht wurden die Hunde dabei mit verbundenen Augen. Das Wesentliche der Untersuchung bestand darin, daß versucht wurde, festzustellen, in welchem Abstande von der Nase der Hund noch auf Fleisch oder Fuselöl reagierte.

Man erzielte jedoch bei diesen Versuchen negative Resultate, und zwar sowohl hinsichtlich des Geschmackes, wie des Geruches. Was die Seh- und Hörstörungen betrifft, so finden dieselben nach des Verfassers Meinung ihre Erklärung in einer Alteration der Leitungsbahnen, welche zu den unbeschädigten Bezirken der grauen Substanz der Seh- und Gehörsphäre verlaufen.

Ungeachtet jedoch der obigen Untersuchungen äußerte sich unlängst Onodi in dem Sinne, daß das Riechcentrum beim Menschen im Gyrus hippocampi und im Uncus zu suchen sein möchte.[2])

Experimentelle Ergebnisse. — Aus dem Dargelegten geht hervor, daß die Frage nach der Lokalisation des Riechcentrums in der Gehirnrinde bis in die letzte Zeit hinein in ihrem wesentlichsten Teil ungelöst dastand.

Zur Untersuchung des Geruchssinnes der Hunde dienten: Fleisch in verschiedener Form (roh, gekocht, gebraten, Hundefleisch, frisches und faulendes Fleisch), Brot, mit Milch getränkte Watte. Außerdem wurden noch mehrere andere Riechstoffe angewandt, so Jodoform, Kampfer, Terpentin, Nelken- und Pfeffermünzöl, Chloroform, 80 proz. Essigsäure. Jedes Nasenloch wurde für sich geprüft, wobei das andere Nasenloch mit Watte geschlossen wurde.

Die Augen wurden während der Prüfung mit einem Handtuche verdeckt.

Auf sämtliche riechende Nahrungsmittel reagierten die Hunde selbst aus der Ferne gut, auf andere Riechstoffe dagegen nur in dem Fall, wenn diese sich in der Nähe und in größerer Menge befanden.

Da es sich als schwierig herausstellte, den Geruch der Nahrungsstoffe abzuschwächen, so bestimmte man die Entfernung, bei welcher die Tiere zu reagieren anfingen sei es dadurch, daß sie sich zu dem Riechmittel streckten, um es zu ergreifen oder dadurch, daß sie sich von demselben abwandten.

Gewöhnlich ließ man nach Anwendung eines Riechstoffes dem Hunde eine Erholungspause.

---

[1]) Osipov, Untersuchungen über die physiologische Bedeutung des Ammonshorns nach der Methode des Funktionsanfalles. Nevrolog. vêstn. 1900.

[2]) Onodi, Die Rindencentren des Geruchs und der Stimmbildung. Arch. f. Laryngol. 1903, Bd. 14.

Die Prüfung erfolgte stets in der Weise, daß anfangs schwächere, später stärkere Riechstoffe zur Anwendung gelangten.

Es versteht sich von selbst, daß in jedem Versuch zunächst das individuelle Verhalten des betreffenden Versuchstieres zu den verschiedenen Riechstoffen ermittelt wurde.

Ausgeführt wurden im ganzen 16 Versuche, darunter 4 Kontrollversuche.

Nach dem Ergebnis dieser Versuche ist als Riechregion beim Hunde der Lobus oder Gyrus pyriformis (Fig. 406) anzusehen. Da die

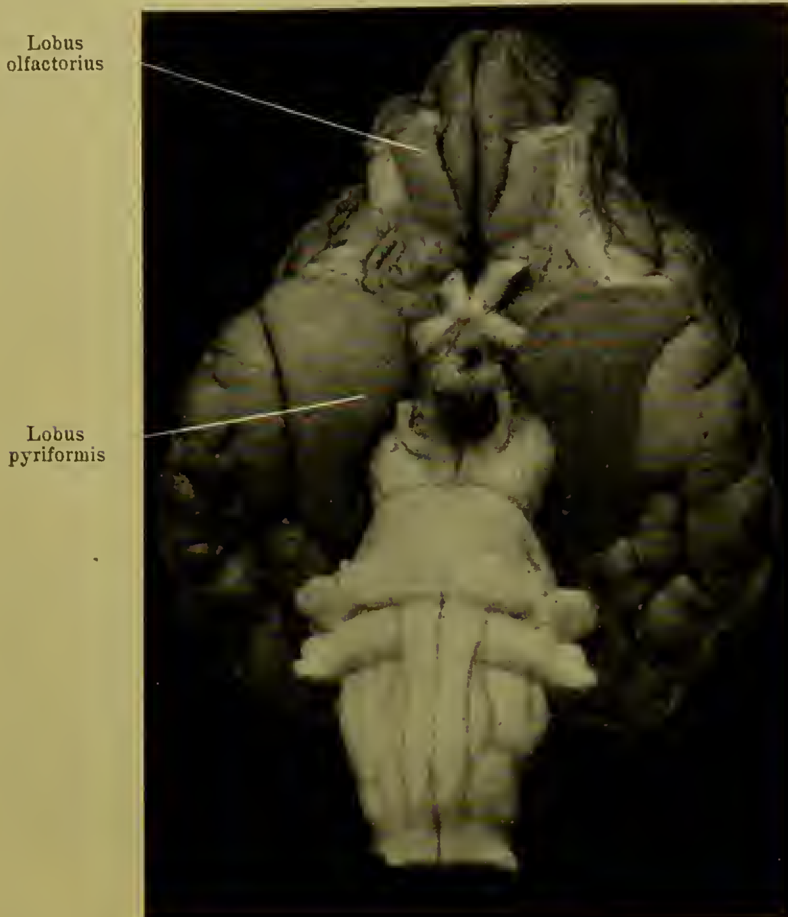


Fig. 406.
Gehirn des Hundes. Basalfläche. Die Abtragung des dunkler gehaltenen Rindenfeldes rechts führt zum Verlust des Riechvermögens.

Zerstörung dieser Hirnregion zu dauernder Abschwächung des Geruches auf der entsprechenden Seite führt, wie dies auch nach Abtragung des Bulbus und Tractus olfactorius beobachtet werden kann, so findet sich im Bereiche des Gyrus pyriformis offenbar ein Geruchscentrum, bestimmt zur Perzeption differenzierter Geruchsreize.

Der Versuch zeigte jedoch, daß auch die Läsion benachbarter Rindenregionen, namentlich des Subiculum cornu Ammonis (Gyrus hippocampi) zu einer Abschwächung des Geruches auf der entsprechenden Seite führt, die aber mit der Zeit allmählich sich ausgleicht. Dieser

Befund drängt zu der Annahme, daß man in der Riechsphäre ein Centrum für die Perzeption der Geruchsempfindungen und in der Nachbarschaft derselben ein Centrum für Geruchsvorstellungen zu unterscheiden hat. Die Zerstörung der ersteren führt stets zu stabilen Veränderungen der Riechsphäre, während Läsionen des zweiten nur vorübergehende Erscheinungen liefern in dem Sinne, daß die beständig durch das sensitive Riechcentrum zu fließenden neuen Eindrücke in den unversehrten Teilen der Gehirnrinde abgelagert werden und einen neuen Vorrat von Geruchsvorstellungen liefern.

Diesen Befunden entsprechend findet man die Region des Gyrus hippocampi und das Subiculum cornu Ammonis bei den osmatischen Tieren bekanntlich in vorzüglicher Ausbildung, bei den Anosmatikern dagegen in geringer Entfaltung. Dieser Umstand deutet schon an und für sich, wie bereits früher erwähnt, auf Beziehungen der fraglichen Gehirnregionen zu der Riechsphäre.

Aus den Versuchen über den sog. bedingten Speichelreflex (Dr. Savadski) ging u. a. hervor, daß die Abtragung des Gyrus piriformis den Speichelreflex auf Geruchreize nicht aufhebt.[1]) In Larionov's Versuchen jedoch führten auch nach Entfernung des Lobus und Bulbus olfactorius Geruchsreize zur Entstehung eines speichelsekretorischen Reflexes, was offenbar durch Äste des Trigeminus zustande kommt.

b) Motorische Erscheinungen, welche bei Reizung der Riechsphäre auftreten.

Schon aus Ferrier's Versuchen geht hervor, daß die elektrische Reizung des Lobus hippocampi eine Bewegung der Lippen und der Nasenöffnung nach der Reizseite bewirkt unter partiellem Schluß dieser Öffnungen, als merkte das Versuchstier einen starken Geruch. Diese Wirkung beobachtete Ferrier bei der Reizung des hakenförmig umgebogenen Endes des Gyrus hippocampi, also des eigentlichen Gyrus uncinatus und piriformis, welcher sich an der Spitze des Schädellappens befindet und als sensitives Riechcentrum der Gehirnrinde wirksam ist.

Nach Untersuchungen meines Laboratoriums (Dr. Gorschkov) bewirkt die Reizung des Gyrus piriformis konstant auch Kontraktionen des gleichzeitigen Nasenflügels.

In unseren Versuchen an Hunden rief die Reizung der der lateralen Riechnervenwurzel benachbarten Gegend konstant lebhafte Atembewegungen hervor.

Es werden also vom Lobus piriformis bzw. vom Riechcentrum aus die Muskeln der Nasenlöcher und Lippen, welche zu der Respirationstätigkeit in nächster Beziehung stehen, in Bewegung versetzt. Es entstehen von hier aus Atmungsbewegungen, welche für das Einziehen von Riechstoffen und für die Abwehr solcher Stoffe von wesentlicher Bedeutung sind.

Unzweifelhaft handelt es sich hier um motorische Reflexcentra, wie man sie auch in anderen Sinnescentren der Gehirnrinde (Seh-, Hörcentrum) findet.

---

[1]) Savadski, Verhandl. der Gesellschaft Russ. Ärzte.

c) Pathologische Beobachtungen.

Was die klinische Beobachtung betrifft, so findet man eine Reihe von Angaben, welche das Ergebnis des Experimentes bezüglich der Lokalisation des kortikalen Riechcentrums vollauf bestätigen.

So beschreiben Chardon und Griffith einen Fall, in welchem der Geruchssinn auf einer Seite herabgesetzt war. Bei der Sektion fand man einen Tumor im Bereiche des Gyrus uncinatus; der Riechnerv war dabei unversehrt geblieben.

Ebenso gibt es eine Reihe von Beobachtungen über Epilepsiefälle, wo eine olfaktive Aura vorhanden war und bei der Sektion eine Mitaffektion des Gyrus uncinatus sich herausstellte (Jackson, Beevor, Hamilton u. A.).

In dem früher erwähnten Falle von doppelseitiger Affektion des Lobus piriformis fehlte das Riechvermögen, wie aus den anamnestischen Angaben hervorging (leider hat hier eine nähere Untersuchung zu Lebzeiten nicht stattfinden können).

Außerdem konstatierte ich zuweilen bei Kranken mit Cerebralaffektionen eine eigentümliche Erscheinung, darin bestehend, daß die Patienten Gerüche wohl wahrnahmen, sie aber nicht erkannten. Hier handelte es sich offenbar nicht um Verlust der Geruchsempfindungen, sondern ihrer Erinnerungsbilder bezw. mit anderen Worten der Geruchsvorstellungen. Alle diese Fälle sind leider nicht obduziert worden.

Man wird also im Hinblick auf die Erfahrungen der menschlichen Pathologie ebenfalls zu dem Schluß kommen, daß der Lobus piriformis als sensitives Geruchscentrum funktioniert. Der ihm benachbarte Gyrus hippocampi und Gyrus fornicatus haben ebenfalls gewisse Beziehungen zur Riechfunktion, indem sie wahrscheinlich als Ablagerungsstätten für Geruchsvorstellungen wirksam sind.

Im Zusammenhange damit verdient auch der Umstand Beachtung, daß der Gyrus fornicatus und sein Fasersystem bei Indianern und Chinesen stärker ausgebildet gefunden wird, als bei der germanischen Rasse (Kaes[1]), was wohl damit zusammenhängen möchte, daß jene ihren Geruchssinn mehr gebrauchen als diese und dementsprechend wohl auch kompliziertere Geruchsvorstellungen entwickeln.

3. Die subkortikalen Leitungen der Riechregion.

Ich wende mich nun zu einer Betrachtung der Leitungsbahnen, welche die kortikalen Riechcentra mit der Körpersphäre in Verbindung setzen.

Nach der Ansicht vieler Autoren[2]) setzt sich die centripetale Riechleitung aus drei Neuronen zusammen: 1. einem peripheren Neuron, welches den Bulbus olfactorius erreicht, 2. einem intermediären oder mittleren Neuron, welches vom Bulbus olfactorius zum Rhinencephalon bezw. zum basalen Riechfelde (Tuber olfactorium, Substantia perforata

[1]) Kaes, A brief summary of the researches of Kaes etc. Journ. of comp. Neurol. 1900, Vol. 10, Nr. 3.

[2]) Kostanajanz, Die Lehre von den Riechbahnen und Riechcentren. Dissert. Rostov a. D. 1902.

anterior) verläuft und 3. einem centralen Neuron, welches vom Rhinencephalon zum Gyrus hippocampi des Pallium sich begibt.

Dem gegenüber ist aber zu bemerken, daß der Hippocampus, wie aus den physiologischen Befunden hervorgeht, nicht eigentlich als sensitives Riechcentrum funktioniert, da dieses, wie wir sahen, im Gyrus piriformis seinen Platz hat. Jene Bahn muß daher offenbar eine andere Bedeutung haben.

Auf Grund meiner Untersuchungen bin ich zu der Einsicht gekommen, daß vom Bulbus olfactorius ein relativ früh zur Ausbildung gelangender Faserzug abgeht, welcher am äußeren Teil des Tractus olfactorius seine Lage hat und unmittelbar zum Gyrus piriformis sich hinzieht. Dieser Faserzug, welcher dem Bestande des lateralen Bündels des Bulbus olfactorius angehört, ist augenscheinlich als centripetale Geruchsbahn aufzufassen.

Bestätigt finden kann man diesen Satz in den aus meinem Laboratorium hervorgegangenen Befunden von Dr. Gorschkov.[1]) Er untersuchte das Verhalten der Geruchsbahnen bei Hunden unter Zerstörung des im Lobus piriformis belegenen Riechcentrums. Nach unilateraler Abtragung dieses Centrums beobachtete man, vorwiegend auf der gleichen, teilweise aber auch auf der anderen Seite, eine geringgradige Degeneration im Lobus olfactorius, zum Teile auch im Bulbus olfactorius und ganz besonders in der lateralen Wurzel des Tractus olfactorius.

Über die Bedeutung der übrigen Wurzeln des Bulbus olfactorius wird späterhin die Rede sein.

Als centripetale Leitungen, welche die Gegend des kortikalen Riechcentrums mit den subkortikalen Teilen in Verbindung setzen, funktionieren (nach den aus meinem Laboratorium hervorgegangenen Befunden von Dr. Gorschkov) die Fasern der Fimbria und des Fornix, sowie die Fasern des Stabkranzes des Thalamus. Diese Thalamusfasern dienen offenbar zur Übertragung unwillkürlicher Ausdrucksbewegungen, welche im Geruchsorgan angeregt werden. Was die Fornixfasern betrifft, so führen dieselben Einflüsse der kortikalen Riechcentra zu anderen subkortikalen Centren des Gehirnstammes, welche mit Corpora mamillaria in Beziehungen stehen.

Die hervorragende Ausbildung der Fornixfaserung bei sämtlichen makrosmatischen Tieren steht unzweifelhaft im Zusammenhang mit einer stärkeren Entfaltung der Riechcentra und dem großen Einfluß des Geruchsorganes auf die motorische Sphäre dieser Tiere.

Da der Nucleus amygdalae dem Bereiche des Gyrus piriformis angehört, also einen Teil der Riechregion darstellt, so funktioniert der Faserzug, welcher vom Mandelkern als Stria cornea austritt und im Tuber cinereum endigt, ebenfalls als centrifugale Reflexbahn, welche dem Tuber cinereum Geruchseindrücke zuführt.

Aber auch die Region des Gyrus hippocampi und des Gyrus fornicatus steht in direkter Verbindung mit den subkortikalen Centren und zwar hauptsächlich durch die Faserung des Fornix longus.

Bei Läsionen im Gebiete des Gyrus fornicatus fand Dr. Schipow (in meinem Laboratorium) sekundäre Degeneration der Faserung des Fornix longus, welche sich zur Gegend des Riechfeldes, zum Corpus

[1]) Gorschkov, Nevrolog. vêstn. 1902, Bd. 10, Heft 1.

mamillare und teilweise durch die Taenia Thalami zum Ganglion habenulae ausbreitete. Man muß daraufhin annehmen, daß die Region des Gyrus fornicatus, welche in nächster Beziehung zum Gyrus piriformis steht und wahrscheinlich für die Ausbildung der Geruchsvorstellungen eine gewisse Bedeutung hat, entsprechende Impulse den subkortikalen Ganglien übergibt, welche, wie wir sahen, zur Atmung und zu anderen mit der Geruchsfunktion zusammenhängenden Bewegungen in Beziehungen stehen.

Man findet die Angabe, daß der Tractus olfactorius eine selbständige Bahn hat, welche nach hinten zur Gegend des Thalamus hinziehen soll.

Nach Obersteiner geht ein Teil der Fasern des kommissuralen Riechbündels nach hinten zum Thalamus. Diese Fasern erzeugen somit eine Reflexbahn, welche den motorischen Centren des Thalamus Geruchseindrücke zuführt.

Jedoch ist dieser Faserzug nicht hinreichend genau verfolgt. Ich will ihn hier nicht weiter verfolgen.

Es besteht aber im Bereiche des sog. Riechfeldes an der Gehirnbasis bezw. im Tuber cinereum und in der Lamina perforata anterior eine subkortikale reflektorische Riechregion, durch welche Geruchsimpulse vermittelst bestimmter Verbindungsbahnen anderen subkortikalen Formationen mitgeteilt werden und so zur Ausbildung von Geruchsreflexen dienen. Vor allem begibt sich aus den kaudalen Abschnitten des Lobus olfactorius, aus dem Tuberculum olfactorium und aus der Substantia perforata anterior ein horizontal verlaufender Faserzug, welcher in der Richtung nach hinten teils im lateralen Kern des Corpus mamillare (Fasciculus olfactorius lateralis) endigt, teils in die Haube (Fasciculus olfactorius tegmenti) übergeht (Kostanajanz[1]). Da aus dem Corpus mamillare ihrerseits Fasern zur Haube gelangen, so können vermittelst dieser Bahnen Geruchsimpulse offenbar direkt auf die motorischen Formationen der Haubenregion zur Wirkung gelangen.

Es schließt sich dieser Bahn augenscheinlich auch ein Teil der Fasern des Fornix longus an, die im Gebiete der Area olfactoria endigen.

Die Verbindungen des Riechlappens mit den basalen Hirnteilen, welche schon Bonegger auffand und Edinger als Olfactoriusabzweigung zum Mittel- und Zwischenhirn beschrieb, sind von Wallenberg eingehend nach der Degenerationsmethode untersucht worden.[2]) Nach seiner Darstellung entspringt diese basale Riechbahn größtenteils aus dem basalen Riechstratum der Area olfactoria und erhält während ihres Verlaufes Zuwachs aus den frontalen Teilen des Corpus striatum und aus dem Kern des basalen Längsbündels, was dem Riechfelde im weiteren Sinn entspricht. Die Mehrzahl ihrer Fasern endigt ungekreuzt; die medial gelegenen Fasern überkreuzen sich in der Decussatio hypothalamica, in den vorderen Kleinhirnschenkeln und im Innern der Varolsbrücke. Von den mittleren Fasern endigt ein Teil in einem rundlichen Ganglion zwischen der Substantia nigra und der Fornixkreuzung, ein anderer Teil geht zu beiden Seiten der Kreuzung in die

---

[1]) Kostanajanz, a. a. O. S. 240.

[2]) A. Wallenberg, Das basale Riechbündel des Kaninchens. Anatom. Anzeiger 1901, Bd. 20, Nr. 7.

contrale graue Substanz über; ein dritter Teil endlich setzt sich in das hintere Längsbündel fort. Außerdem gelangen Faserzüge aus dem basalen Riechfelde zur centralen grauen Substanz des Aquaeductus Sylvii und zu den angrenzenden Teilen der Rautengrube, zum Oculomotorius- und Trochleariskern, zu den Kernen der Formatio reticularis lateralis der Brücke und zu den Vordersträngen bezw. Vorderhörnern, in welche sie durch das hintere Längsbündel hineindringen.

Ich kann hier diese Angaben einer näheren anatomischen Würdigung nicht unterziehen. Was die physiologischen Verhältnisse betrifft, so ist wohl nicht zu bezweifeln, daß im Bereiche des basalen Riechbündels unter anderem verlaufen müssen reflektorische Verbindungen der Riechlappen mit den subkortikalen Atmungs- und anderen Reflexcentren. Wenigstens ergibt sich diese Annahme aus Versuchen meines Laboratoriums, welche gezeigt haben, daß nach Piqure des vorderen Teiles des Tuber cinereum in der Nachbarschaft des Chiasma opticum die Atmung in der Inspiration sistiert, worauf tiefe Atmungsexkursionen sich einstellen. Die gleichen Erscheinungen erhält man auch in dem Falle, wenn in die Gehirnrinde Elektroden eingeführt und der Strom durchgelassen wird. Manchmal erzielt man damit sogar totalen Atmungsstillstand, sodaß künstliche Atmung angewendet werden muß. Diese Veränderungen sind augenscheinlich reflektorischer Natur und sind nur erklärbar durch Reizung der hier an der Gehirnbasis kaudalwärts verlaufenden Bahnen, welche vom Riechfelde aus in absteigender Richtung sich hinziehen.

XIV.

Die Gehörsfunktionen der Gehirnrinde.

Die Bedeutung der Hemisphärenrinde für das Gehör ist zum ersten Mal von Flourens näher gewürdigt worden. Nach Abtragung der Hemisphären von Vögeln und anderen kleinen Tieren beobachtete er bekanntlich außer Verlust des Willens und Intellektes auch die Einbuße der Sinnesperzeption und unter anderem des Seh- und Gehörsvermögens. Aus diesen Versuchen ergab sich als unzweifelhaft die hohe Bedeutung der Hemisphären für das Gehör. Wenn Flourens als Anhänger der Lehre von der Einheit der psychischen Funktionen in den Hemisphären, auf der Rindenoberfläche ein besonderes Gehörscentrum nicht bezeichnete, so legten seine Versuche demungeachtet den ersten sicheren Grund zu der Anschauung, daß eine Gehörsperzeption unmöglich ist bei Mangel der Hemisphären und daß somit in den Hemisphären bezw. in der Rinde derselben der Vorgang der Perzeption von akustischen Eindrücken sich vollzieht.

Späterhin hat Magendie, im Gegensatz zu Flourens, sich in dem Sinne geäußert, daß Geschmack, Geruch und Gehör bei den Säugetieren nach Fortnahme des großen und kleinen Gehirns nicht alteriert gefunden werden.

Auch die Forscher der Folgezeit haben bezüglich der Bedeutung der Hemisphären und der subkortikalen Hirngebiete für die Gehörsfunktion recht verschiedene Anschauungen entwickelt.

Nun konnte es vor dem Auftauchen der Lehre von den Lokalisationen im Bereiche der Gehirnrinde überhaupt keine Versuche geben, dem Gehörscentrum einen bestimmten Platz anzuweisen. Daher beziehen sich die Angaben, welche aus der Zeit nach Flourens auftauchen, zunächst nur auf die Bedeutung der Hemisphären überhaupt bezw. der subkortikalen Teile für die Gehörstätigkeit.

Zu erwähnen sind in dieser Hinsicht zunächst die Beobachtungen von Longet, wonach junge Katzen, Hunde und Kaninchen nach Abtragung der Hemisphären selbst auf sehr starke Schallreize keinerlei Reaktion zeigen, während ebenso behandelte Vögel, wenn ein Schuß abgefeuert wird, die Augen öffnen und den Kopf erheben, worauf sie wieder in ihren gewöhnlichen schläfrigen Zustand verfallen. Die Abtragung des Kleinhirns jedoch hat gar keinen Einfluß auf das Gehör. Auf Grund dieser Versuche suchte Longet im Gebiete des Gehirnstammes bezw. im Mittelhirn die Ursprungsstätte der Empfindungen, das Sensorium commune, während auf die Tätigkeit der Hemisphären die mehr gleichartigen psychischen Prozesse und Vorstellungen von ihm bezogen wurden.

Späterhin fand Vulpian, daß Ratten nach Abtragung der Vorderhirnhemisphären samt den Streifen- und Sehhügeln, auf einen Pfiff noch gut reagieren. Im Hinblick auf solche Versuche lokalisierte er im Gebiete der Varolsbrücke Centra der Gehörsempfindungen und zu gleich Centra für die Ausdrucksbewegungen.

Zu ziemlich analogen Ergebnissen führten auch die Experimente einer Reihe anderer Autoren, von denen ich Renzi, Lussana und Lemoigne nenne. Man konnte bei den Versuchstieren nach vollzogener Abtragung der Gehirnhemisphären, abgesehen von optischer Reaktion auf Lichteindrücke (wovon schon früher die Rede war), immer noch Kopfdeviationen auf stärkere Schallreize (Pistolenschuß) hervorrufen. Demnach brachte die Abtragung der Hemisphären weder das Sehen, noch das Hören vollkommen in Wegfall.

Infolge aller dieser Befunde ist man schließlich dazu gekommen, auf das Conto der Vorderhirnhemisphären nur die sog. Vorstellungen, d. h. umgearbeitete Sinneseindrücke zu beziehen. Dagegen wurden die primären oder einfachen Sinneseindrücke dem Bereiche der Gehirnstammcentra zugewiesen. Man stellte den Gehirnstamm als Sinnesgehirn den Hemisphären gegenüber, deren Bedeutung in den höheren intellektuellen Tätigkeiten gesucht wurde.

1. Die Lokalisation des kortikalen Gehörcentrums.

a) Untersuchungen von D. Ferrier.

So ungefähr lagen die Dinge, als in der Mitte der 70iger Jahre D. Ferrier, bekannt durch seine zahlreichen Gehirnforschungen, mehr oder weniger genau die Lokalisation des Gehörcentrums in der Gehirnrinde der höheren Säugetiere begründete.[1]) Wie der Befund bei Reizung des Hinterhauptlappens, welche Bewegungen der Augäpfel zur Folge

---

[1]) D. Ferrier, Proceed. of the R. Soc. of London. Philos. Transact. 1875, vol. 165. Brit. Med. Journ. 1875. The function of the brain.

hat, zuerst auf das Bestehen eines Sehcentrums in der Rinde des Occipitallappens hinwies, ebenso führten die Folgeerscheinungen der Reizung der Schläfenlappenrinde abwärts vom hinteren Ende der Fossa Sylvii Ferrier zur Entdeckung des akustischen Centrums in dieser Rindenregion.

Ferrier gelang es experimentell nachzuweisen, daß bei Kauterisation des Gyrus temporosphenoidalis der Affen das Gehör auf der anderen Seite verloren geht, während die übrigen Funktionen bei den operierten Tieren unversehrt bleiben.

Nach erfolgter Zerstörung dieser Windung auf beiden Seiten beobachtete man bei dem Versuchstiere doppelseitige Taubheit.

Bei einem anderen Affen, welcher infolge voraufgehender Zerstörung des Gyrus angularis kontralateral amaurotisch war, führte die Zerstörung der grauen Substanz der oberen Schläfenwindungen ebenfalls zu deutlicher Taubheit, trotzdem alle übrigen Formen der Sensibilität (das Sehen ausgenommen), sowie die Motilität erhalten waren. Wenn man allerdings in der Nähe dieses Affen ein lautes Geräusch machte, dann zeigte er eine erstaunte Miene; aber nach Ansicht Ferrier's handelt es sich hier um einen akustischen Reflex, wie ja auch der hemisphärenlose Vogel den Kopf nach der Richtung eines lauten Tones (Pistolenschuß) kehrt.

Im ganzen kommt Ferrier im Endergebnis seiner Versuche zu der Annahme, daß in der oberen Schläfenwindung der Affen und in den analogen Teilen des Gehirns anderer Tiere ein spezielles Gehörcentrum lokalisiert ist, dessen Zerstörung zu psychischer Taubheit führt.

Späterhin hat Ferrier im Verein mit Jeo[1]) infolge der Angriffe anderer Autoren, seine Versuche an weiteren zwei Affen wiederholt, denen er den Gyrus temporo-sphenoidalis zerstörte. Man fand dabei, ganz wie in den früheren Versuchen, eine hochgradige Abschwächung des Gehörs auf der entgegengesetzten Seite, ein Befund, welcher Ferrier's ursprüngliche Lokalisation des Gehöreentrums in dem Gyrus temporosphenoidalis als richtig erhärtete.

b) Untersuchungen von H. Munk.

Sehr bald nach Ferrier's ersten Mitteilungen tauchten die Beobachtungen von H. Munk auf und zwar zuerst in einer Reihe von Mitteilungen der Berliner Physiologischen Gesellschaft und der Preußischen Akademie der Wissenschaften.[2])

Munk verlegte auf Grund seiner Untersuchungen das Gehörcentrum beim Hunde in den hinteren Abschnitt des Schläfenlappens. Nach seinen Angaben gelingt es, durch Zerstörung bestimmter Rindenpartien anstatt totaler Taubheit Seelenblindheit zu erzeugen, und erst die Zerstörung des gesamten Gehörcentrums zieht nach Munk totale und definitive Taubheit nach sich.

Vollständige oder, wie Munk sich ausdrückt, kortikale Taubheit auf der entgegengesetzten Seite erfolgt nach seinen Versuchen, wenn man beim Hunde den hinteren Abschnitt der zweiten und dritten Schläfen-

---

[1]) Ferrier and Jeo, Philos. Transact. 1884, Bd. 175.

[2]) H. Munk, Über die Funktionen der Großhirnrinde. Ges. Mitteil. Berlin 1881.

windung abträgt. Im Falle der Abtragung dieser Rindenfelder an beiden Schläfenlappen erhält man bilaterale vollständige Taubheit.

Der so operierte Hund hört zu bellen auf. Er reagiert in keiner Weise auf starke Schallreize und macht dabei keinerlei Bewegungen mit den Ohren.

Gleichzeitig mit Taubheit trat bei den Tieren in bemerkenswerter Weise Stummheit ein. Das Gebell der Tiere wurde zunächst mehr monoton und hart, später immer schwächer und verschwand nach zwei Wochen ganz.

Im Gehörcentrum sollen nach Munk's Versuchen nicht nur Vorstellungen, sondern auch akustische Empfindungen aufgenommen werden, weshalb der Hund nach totaler Zerstörung dieses Centrums vollständig taub wird.

Demnach geht die Rolle des Sinnesgehirns, welches von anderen Forschern in den Gehirnstamm verlegt wurde, nach Munk's Versuchen in das Gebiet der Rinde über. Den Centren des Gehirnstammes fallen dann offenbar nur reflektorische Aufgaben zu.

Bei unilateraler Zerstörung der Gehörsphäre reagiert der operierte Hund auf Töne hauptsächlich durch Bewegungen des gleichartigen Ohres. Auf einen erfolgenden Ton hin kehrt er Kopf und Rumpf nach der operierten Seite; denn das Gehör bleibt auf der operierten Seite erhalten. Indem Wundt dem operierten Hund beide Ohren nach einander mit Watte verschloß, überzeugte er sich, daß die unilaterale Abtragung des Gehörcentrums Taubheit des kontralateralen Ohres bewirkt. Mit anderen Worten, es besteht ein gekreuzter Zusammenhang jedes Ohres mit der kontralateralen Gehirnhemisphäre.

Wir haben schon früher erwähnt, daß Munk im Gebiete der Hemisphäre, im hinteren Abschnitt der zweiten Furche eine besondere Stelle bezeichnet, deren Zerstörung nicht totale Taubheit, sondern nur Erscheinungen von Seelentaubheit bewirkt.

Demnach enthält das Gehörcentrum im hinteren Abschnitt des Schläfenlappens nach Munk's Angaben, gleich dem Sehcentrum, eine besondere Stelle, in welcher Erinnerungsbilder der Gehörseindrücke festgehalten werden sollen.

Die Abtragung dieser Stellen an beiden Gehirnhemisphären erzeugt psychische Taubheit analog der Seelenblindheit, mit anderen Worten einen Zustand, bei welchem das Tier wohl hört, die Gehörseindrücke aber weder erkennt, noch ihre Bedeutung erfaßt, da es der Gehörsvorstellungen und der akustischen Erinnerungsbilder beraubt ist.

Mit der Zeit aber lernt das Tier durch Erfahrung und Erziehung Töne und Worte wieder verstehen. Es benimmt sich in gewissem Sinn wie ein neugeborener Hund, welcher Töne erst verstehen lernen muß. Da es sich aber um ein erwachsenes, geistig ausgebildetes Tier handelt, so erwirbt es neue Erfahrungen naturgemäß viel schneller und leichter, als ein neugeborenes Tier.

Ganz analoge Resultate wurden von Munk auch an Affen erzielt.

Recht bemerkenswerte Befunde haben Munk's spätere, aus dem Jahre 1881 herrührende Experimente über die Erscheinungen partieller Zerstörung der Gehörsphäre zu Tage gefördert.

Munk gelangte im Verlaufe dieser neuen Versuche zu der Einsicht, daß bei unvollständiger Zerstörung beider Hörsphären der eine

Hund Pfeifen, der andere Geräusche, der dritte Bellen und Rufen gut unterschied, dabei aber gegen alle anderen Töne taub war.

Auf diesen Befund gestützt, unternahm Munk eine Reihe systematischer Experimente über partielle Läsionen der Gehörsphäre.

Zu diesem Zwecke erzeugte er bei den Hunden durch Zerstörung der Schnecke zunächst totale Taubheit auf dem einen Ohre.

Indem er nun weiterhin den einen oder anderen Teil der Gehörsphäre auf der gleichen Seite zerstörte, untersuchte er das Gehör der operierten Tiere durch verschiedene Schallreize und Töne.

Es stellte sich im Endergebnisse dieser Versuche heraus, daß der vordere Teil der Gehörsphäre und in der Nähe der Fossa Sylvii zur Wahrnehmung der hohen Töne dient, während der hintere Abschnitt der Gehörsphäre für die Wahrnehmung der tieferen Töne Bedeutung hat. Im Falle der Entfernung der beiden hinteren Drittel der Gehörsphäre reagierte der Hund nicht auf tiefere Töne einer Pfeife, auf Baßtöne und auf tiefe Geräusche (Trommelschläge): Dagegen unterschied der Hund im Falle der Abtragung der vorderen Abschnitte der Gehörsphäre nicht hohe Töne, feine Stimme und hohe Geräusche. Zu bemerken ist dabei, daß im ersten Fall der Hund stumm wurde, wie überhaupt taube Hunde; im zweiten Fall aber bellte er wie früher.

Das gewöhnliche Hören lokalisierte Munk bei dem Hunde vorwiegend im unteren Teil der Hörsphäre; denn nach Zerstörung desselben hörte das Tier sehr schlecht und bellte stoßweise; nach Zerstörung des oberen Teiles dagegen schien es alles zu hören, wenn es auch das Gehörte nicht begriff; das Bellen war nach wie vor erhalten.

Auf Grund dieser Untersuchungen gelangte Munk zu dem Schluß, daß die verschiedenen Teile der Hörsphäre zur Perzeption verschiedener Töne dienen und daß der sukzessive Übergang von tiefen zu höheren Tönen in der Richtung eines nach unten konvexen Bogens erfolgt, welcher das Ende der Fissura postsylvia Owen bezw. das hintere Ende der zweiten Bogenfurche umgibt.

Munk mußte es leider aufgeben, diese interessante Frage noch weiter zu verfolgen, da derartige Untersuchungen außerordentlich ermüden.

Man muß, wie vorhin schon erwähnt wurde, in der Gehirnrinde des Hundes und der Affen nach Munk nicht nur Vorstellungen, sondern auch Empfindungen lokalisieren. Denn nach totaler zweiseitiger Zerstörung der Hörsphäre werden die operierten Hunde und Affen vollständig taub, mit der Zeit sogar taubstumm.

Die Annahme einer solchen Lokalisation von Gehörsempfindungen in der Gehirnrinde trifft nach Munk auch für niedere Tiere einschließlich der Vögel zu.

Durch spezielle Versuche gelangte Munk zur Überzeugung, daß Kaninchen und Vögel nach Abtragung der Gehirnhemisphären, entgegen früheren Angaben, vollständig taub und blind werden, ein Satz, der übrigens den Frosch nicht betrifft.

Sein von den früheren Befunden abweichendes Ergebnis sucht Munk dadurch zu erklären, daß er bei den Versuchstieren die Hemisphären restlos ausrottete, das den früheren Beobachtern angeblich nicht gelungen sein soll.

c) Der Begriff der psychischen Blindheit und Taubheit.

Mit Bezug auf die obigen Untersuchungsbefunde ist zu bemerken, daß die Erscheinungen der Seelentaubheit, wenigstens soweit es sich um Worttaubheit handelt, schon längst in der klinischen Pathologie bekannt waren. Es ist die Annahme vollkommen begründet, daß der Begriff der Seelentaubheit von den Physiologen aus dem Gebiete der klinischen Pathologie entlehnt wurde in dem Sinne, daß die Physiologie, als sie auf Tatsachen stieß, welche dem Zustand der psychischen Empfindungslosigkeit entspricht, in der klinischen Pathologie bereits eine Reihe genau beprüfter Beobachtungen vorfand, welche nicht nur jeden Zweifel an dem Bestehen der hierhergehörigen Erscheinungen aufhoben, sondern auch ein umfassendes Bild dieser merkwürdigen Störung darboten. Diese klinischen Tatsachen geben natürlich Anlaß, die analogen Erscheinungen auch im Tierversuche zu verfolgen.

Soviel ich sehe, war Ferrier der Erste, der die in Rede stehenden Erscheinungen bei Tieren mit Läsionen bestimmter Teile der Gehirnrinde näher präzisierte.

Nach Zerstörung der Gegend des Gyrus angularis beobachtete Ferrier bei den Affen am kontralateralen Auge Sehstörungen mit den Charakteren der Amblyopie. Es besteht dabei keine vollständige Blindheit, denn der operierte Hund umgeht Hindernisse, aber die Schätzung der optischen Vorstellungen hat eine Störung erlitten. Der Hund erkennt weder sein Futter, noch seinen Herrn; er ist also seelenblind.

Ganz analoge Erscheinungen ermittelte Ferrier auch bezüglich des Gehörs bei Zerstörungen im Bereiche des Schläfenlappens.

Besonders eingehend hat Munk die Erscheinungen der Seelenblindheit und Seelentaubheit im Tierversuche verfolgt.

Was die Seelentaubheit betrifft, so versteht Munk darunter im Grunde ganz die gleichen Erscheinungen, die in der klinischen Pathologie als Worttaubheit und Amusie bezeichnet werden. Das Tier, falls es seelentaub ist, hört, aber es versteht und erkennt nicht das Gehörte, ganz wie ein Mensch mit Worttaubheit wohl alles hört, was man ihm sagt, aber die gehörten Worte nicht versteht und nicht erkennt. Ein Mensch, der an Amusie leidet, hört die Töne, erkennt aber ihre musikalischen Besonderheiten nicht und kann eine Melodie nicht nachsingen.

Wie vorhin erwähnt wurde, hat Munk im Bereiche des Hörcentrums des Hundes, welches er in den mittleren und hinteren Teil des Schläfenlappens verlegt, eine Stelle angegeben, an welcher angeblich akustische Erinnerungsbilder aufbewahrt werden sollen. Ihre Zerstörung habe den Erfolg, daß das Tier, da es alle Erinnerungsbilder verloren hat, wohl Töne hört, aber als etwas ihm ganz neues auffaßt; das Tier erkennt und versteht die Töne nicht; mit anderen Worten, es ist seelentaub geworden. Es erkennt z. B. nicht die Stimme seines Herrn, es hat das Verständnis für das Knallen der Peitsche verloren, das ihm früher Schrecken einflößte, usw.

d) Bedenken gegen die Annahme eines besonderen akustischen Rindencentrums.

Man wird die Befunde Munk's besser beurteilen, wenn man die hierhergehörigen Versuche von Goltz berücksichtigt, der in der Frage der Rindenlokalisation gegnerische Anschauungen vertrat.

Goltz suchte ursprünglich mit Hilfe des Wasserstrahles größere Strecken der grauen Substanz fortzuspülen. Er erzielte dabei ausgedehnte Destruktionen der Gehirnrinde auf einer oder auf beiden Seiten. Später sah Goltz die Unbrauchbarkeit dieser Methode ein, die eine genaue Schätzung des Umfanges der Läsionen nicht gestattet. Der Hauptfehler von Goltz's Methode besteht aber meiner Meinung nach darin, daß er die Gehirnrinde willkürlich in größere Felder oder Quadrate einteilte, von denen er bald das eine, bald das andere in der angegebenen Weise durch Trepanationsöffnungen zerstörte, anstatt bei seinen Rindenoperationen von anatomischen Punkten (Windungen, Verlauf bestimmter Faserzüge der Rinde) oder von vorhandenen physiologischen Ermittelungen (Lage bestimmter Centra) auszugehen.

Mit einer solchen Methode wird es natürlich nicht immer gelingen, ein bestimmtes Centrum total auszurotten. Und dies gilt ganz besonders für das Hörcentrum wegen seiner Lage im Schläfenlappen, also in der Nähe der Gehirnbasis, in einer operativen Eingriffen schwer zugänglichen Region der Hirnoberfläche.

Es kommt ferner viel darauf an, ob man das Versuchstier gleich nach dem Eingriff oder viel später beobachtet. Denn naturgemäß verwischt sich das Resultat der gemachten Operation nach und nach durch vikariierende Tätigkeit anderer Rindenpartien und dann entzieht sich die ursprüngliche Wirkung der Beobachtung.

Auf diesen beiden Umständen in erster Linie beruht es, wie mir scheint, daß Goltz anfangs das Vorhandensein einer bestimmten Lokalisation irgend welcher Centra in der Gehirnrinde in Abrede stellte. Als er jedoch später die Erscheinungen des Funktionsausfalles nach Abtragung von Rindenstücken näher verfolgte, ward seine Haltung gegenüber der Annahme einer Lokalisation der Rindencentra weniger ablehnend. Schließlich trat er denen bei, die eine Rindenlokalisation nicht prinzipiell leugnen, doch hielt er die Lage der Rindencentra nicht für so streng umgrenzt, als die von Anderen angenommen wurde.

Ganz so ging es in Goltz's Untersuchungen mit dem Gehörscentrum. Das Vorhandensein eines solchen Rindencentrums anfangs strikt leugnend, fand Goltz später[1]) beim Hunde nach Abtragung von vier Rindenquadraten neben auffallender Abschwächung der Hautsensibilität und des Sehvermögens deutlich ausgesprochene Taubheit. Goltz zwar hielt diesen Hund weder für total blind, noch für total taub; er sollte nur schwachsichtig und schwerhörig sein; es entging ihm aber nicht die Analogie der Gehörsstörung bei diesem Hunde mit dem Gehörsverlust, welchen Ferrier und Munk nach doppelseitiger Entrindung des Schläfenlappens beim Hunde vorfanden. Übrigens war es noch viel später (1881) Goltz's Meinung, daß in der Gehirnrinde streng abgegrenzte Centren für die Sinnesorgane nicht bestehen.

Indem Goltz das Bestehen wohlabgrenzbarer Rindencentra ablehnte, äußerte er sich zugleich auch gegen eine bestimmte Lokalisation der eigentlichen Empfindungen in der Gehirnrinde und dies bezog sich speziell auch auf die Gehörsempfindungen. Gestützt glaubte er diese seine Meinung durch die Folgeerscheinungen der totalen Abtragung der Gehirnhemisphären beim Hunde. Der von ihm operierte

---

[1]) Goltz, Pflügers Archiv 1879. — Über die Verrichtungen des Großhirns.

Hund sollte nach totaler Fortnahme der Gehirnhemisphären angeblich nicht taub gewesen sein, was auch Ewald bestätigte. Der Hund erwachte, wie Goltz schreibt, durch Geräusche aus dem Schlaf; auf lebhafte Trompetenstöße machte er Ohrenbewegungen, schüttelte den Kopf, stand auf und führte sogar eine Pfote zum Ohr, aus gewöhnlichen Geräuschen aber machte sich das Tier nichts. Außerdem gebrauchte der Hund seine Stimme in verschiedenster Weise, er knurrte und bellte.

Alle Schlüsse, welche Goltz aus diesen seinen Versuchen zog, sowie seine früheren Aufstellungen unterwarf nun Munk einer lebhaften Kritik. Er betrachtet alle akustischen, optischen und taktilen Reaktionen, welche bei dem von Goltz operierten Hunde vorhanden waren, nicht als bewußte, sondern als reflektorische Erscheinungen.

In diesem Streite blieb übrigens ein wichtiger Umstand unbeachtet, welcher die Meinungsdifferenzen bezüglich der erhaltenen Funktionen und der psychischen Erscheinungen bei dem von Goltz operierten Hunde vielleicht am besten erklärt. Die operative Abtragung der Gehirnrinde geschah nämlich bei dem Goltz'schen Hunde in mehreren Sitzungen mit monatelangen Intervallen, so daß der anfängliche Funktionsausfall durch vikariierende Tätigkeit tieferer Hirnteile eine erhebliche Restitution erfahren konnte. Ein derartig operierter Hund ist natürlich bezüglich der Gehörsstörungen, sowie bezüglich der sonstigen Hirnfunktionen nicht ohne weiteres zu vergleichen mit einem Hunde, bei dem die Beobachtung der vorhandenen Störungen sofort oder bald nach der Operation erfolgte und ein Ersatz verloren gegangener Funktionen noch nicht hat eintreten können.

e) Untersuchungen von Luciani, Tamburini und Anderen.

Zu betrachten sind bezüglich des Gehörscentrums weiterhin die Ergebnisse der Untersuchungen von Luciani und Tamburini, Brown und Schäffer und einigen Anderen.

Nach den Versuchen von Luciani und Tamburini[1]) beobachtet man nach Zerstörung des hinteren Teiles der dritten Primärwindung des Hundes doppelseitige Taubheit, und zwar soll die Taubheit auf der entgegengesetzten Seite hochgradiger bezw. fast total sein, weniger ausgesprochen auf der Seite des Eingriffes.

Der Unterschied des Hörvermögens auf beiden Seiten gleicht sich mit der Zeit mehr oder weniger aus, doch tritt eine vollständige Restitution nicht ein. Wenn man nun nach relativer Restitution des Hörvermögens bei dem Tiere das Hörcentrum auch auf der anderen Seite abtrug, dann erzielte man fast vollständige Taubheit beider Ohren und zwar nahezu gleichmäßig auf beiden Seiten. Das Hörvermögen restituiert sich in diesem Falle mit der Zeit, ob aber vollständig, konnte nicht bestimmt ermittelt werden.

Nach Zerstörung der zweiten Windung trat in Lucianis und Tamburinis Versuchen bei den Versuchstieren Blindheit des kontralateralen Auges ein, aber eine Abschwächung des Gehörsvermögens war nicht zu bemerken.

Luciani und Tamburini nehmen nun schließlich an, daß das Gehör-

---

[1]) Rivista sperim. di freniatria. 1879.

centrum beim Hunde sich im oberen-hinteren Teil der dritten äußeren Windung befindet, jedoch auch über die Grenzen dieser Stelle sich ausbreiten kann. Die Restitution des Gehörs erfolgt unter Ersatz der zerstörten Rindenpartien durch unversehrt gebliebene, wie dies überall bei Läsionen der Gehirnrinde der Fall ist; bei einseitiger Rindenzerstörung wird der Funktionsausfall durch die Centra der anderen Hemisphäre gedeckt.

Luciani und Sepilli unternahmen sodann neue Versuche über die Centra der Gehirnrinde und speziell auch über das Hörcentrum, unter Hinzuziehung klinischen Materials zur Stütze des physiologischen Ergebnisses.[1])

Die angewandte Untersuchungsmethode war (abgesehen von einigen Fällen von Untersuchung mit Stimmgabeln leider nicht einwandfrei, da das Gehör der operierten Tiere untersucht wurde mittels des Geräusches, den die hingeworfene Nahrung auf dem Boden erzeugte.

Einer der Hunde wurde in vier Monaten vier Mal operiert. Im Laufe des ersten Monates entfernte man beide Schläfenlappen sukzessive mit Intervallen von $^1/_2$ Monat. Bei der dritten Operation exzidierte man die Rinde der linken Occipitalregion und von dort weiter nach vorn und unten. Nach einiger Zeit endlich zerstörte man auch die Occipitalregion der rechten Seite.

Das Gehör nahm in diesem Fall nach jeder Operation vorwiegend auf der entgegengesetzten Seite ab. Es kehrte mit der Zeit bis zu einem gewissen Grade wieder. Außerdem wurde der Hund (infolge Verlustes der beiden Occipitallappen) blind und zugleich schwachsinnig.

In einem anderen Versuch beobachteten Luciani und Sepilli nach Zerstörung beider Schläfenlappen in zwei Sitzungen jedesmal totale Taubheit des andersseitigen Ohres.

Bei Abtragung des vorderen Teiles des Schläfenlappens und des unteren Scheitellappens beider Seiten trat kontralateraler Hörverlust bei Hunde ein; nach sieben Monaten bestand nur Seelentaubheit.

Bei partieller zweiseitiger Abtragung der Temporalregion des Hundes fand sich nur starke Schwerhörigkeit auf beiden Ohren.

Wurde die Schläfenregion einseitig zerstört, dann bestand kontralaterale Taubheit.

Bei Tieren endlich, denen die Occipital- und Temporalregion exzidiert wurden, bestand vorübergehende Schwerhörigkeit auf der entgegengesetzten Seite, jedoch (wie die Versuchsprotokolle ergeben) nur in den Fällen, wenn gleichzeitig auch ein Teil der dritten Primärwindung affiziert wurde.

Beobachtet wurde außerdem bei Zerstörung der Schläfenlappen manchmal Herabsetzung der Tastempfindlichkeit. Auch das Sehvermögen war manchmal gestört, aber nur in geringem Grade und vorübergehend, höchstwahrscheinlich infolge von gleichzeitiger Beschädigung der zweiten Primärwindung.

Schließlich finden Luciani und Sepilli die von den früheren Beobachtern angegebene Lokalisation der motorischen und sensorischen Centra bestätigt, mit der Einschränkung jedoch, daß diese Centra nicht

---

[1]) Luciani und Sepilli, Die Funktionslokalisation auf der Großhirnrinde. Leipzig 1886.

ganz streng umgrenzt sind, sondern einander bis zu einem gewissen Grade bedecken und in Nachbarcentra übergehen. In den affizierten Gebieten erfolgt eine allmähliche Abschwächung der Tätigkeit der Rindencentra. Diese Sätze verlieren wesentlich dadurch an Kraft, daß bei den vorliegenden Versuchen die anatomischen Grenzen der Hirnregionen keine Berücksichtigung fanden, weshalb in den Versuchen bei der Beschädigung eines Centrums natürlich auch Teile anderer Centra mitbeschädigt werden konnten.

Luciani und Sepilli gelangen auf Grund ihrer Versuche außerdem zu dem Schluß, daß jeder Gehörnerv, gleich dem Sehnerven, gekreuzte und ungekreuzte Fasern führen muß. Diese Fasern verbreiten sich nicht an bestimmten Stellen des Gehörcentrums, sondern an dessen Gesamtoberfläche.

In den an zwei Hunden ausgeführten Versuchen Tonninis[1]) handelte es sich vorwiegend um Zerstörung der oberen Schläfenlappenregion. Die erzielten Resultate stimmen im allgemeinen mit denen der vorerwähnten Beobachter überein. Nach der Operation wurden die Tiere stark schwerhörig; es bestand dabei auch eine gringe Herabsetzung des Gehörs auf der gleichen Seite. Mit der Zeit restituierte sich aber das Gehör, und zwar zuerst auf der gleichen, dann auf der anderen Seite. Wurde der Schläfenlappen auch auf der anderen Seite zerstört, dann erfolgten die gleichen Erscheinungen mit entsprechenden Veränderungen auf der Seite der stärkeren Hörschwäche. Tonnini bestätigt im allgemeinen das Bestehen einer Hörlokalisation im Schläfenlappen unter Annahme einer partiellen Kreuzung der Acusticusfasern mit Ueberwiegen der gekreuzten Fasern. Neu ist in seinen Ergebnissen nur soviel, daß nach seiner Meinung die Läsion der oberen Teile des Schläfenlappens das Gehör nur kontralateral beeinträchtigen soll, während die Abtragung der unteren Temporalregion beiderseitige Hörschwäche erzeuge. Schwerlich ist aber dieser Satz bei der beschränkten Zahl von Tonnini's Versuchen hinreichend begründet.

Erwähnt sei noch, daß bei der Zerstörung des Schläfenlappens eine Beeinträchtigung der Motilitit und Sensibilität nach Tonnini's Versuchen ausbleibt.

Ferrier lokalisierte das Gehörscentrum in der ersten Schläfenwindung. Er bezog sich auf einen Versuch am Affen, dem er beide oberen Schläfenwindungen zerstört hatte. Nach 6 Wochen erschien der Affe total taub und blieb so bis zu seinem Tode, 13 Wochen nach jener Operation. Weitere Versuche mit zweiseitiger Zerstörung der oberen Schläfenwindung lieferten ein gleiches Resultat. Dagegen bewirkte die unilaterale Zerstörung dieser Windung in Ferrier's Versuchen niemals anhaltende Taubheit auf einem Ohre, ganz wie in den Versuchen von Luciani und Tamburini. Ferrier stützt sich auch auf klinische Erfahrungen, welche für eine analoge Lokalisation des Hörcentrums beim Menschen sprechen.

Alt und Biedl[2]) fanden durch Versuche an Hunden, daß die Abtragung der Rinde des Schläfenlappens eine mehr oder weniger auffallende Störung der Gehörsperzeption für Töne, Worte und Geräusche

---

[1]) Rivista sperim. di freniatria 1896, Vol. 22, Fasc. III.
[2]) Il manicomio med. XV. 1—2. 1899.

bewirkt und zwar auf beiden Seiten, wenn auch kontralateral in höherem Grade. Die Hörstörung war stets eine vorübergehende, sie verschwand auf der gleichen Seite schon nach wenigen Tagen, auf der anderen nach Wochen. Bilaterale Zerstörung bewirkte zweiseitige Gehörsschwäche.

Ich übergehe hier die das Hörcentrum betreffende anatomische Literatur und verweise in dieser Beziehung auf STROHMAYER's[1]) Darstellung der anatomischen Lage des kortikalen Gehörscentrums.

Manche physiologischen Versuche über das temporale Gehörscentrum haben negative Resultate geliefert. Hierher gehören die Untersuchungen von HORSLEY und SCHÄFFER[2]), sowie diejenigen von SANGER, BROWN und SCHÄFFER.[3])

Um FERRIER's und JEO's Lehre von dem Einfluß des Gyrus uncinatus auf die Sensibilität der kontralateralen Körperseite zu prüfen, entfernten HORSLEY und SCHÄFFER beim Affen einen großen Teil des Schläfenlappens und fanden dabei, daß das Gehör anscheinend erhalten blieb. Aber die Ausrottung der oberen Schläfenwindung war, laut eigener Angaben der Autoren, in diesen Versuchen keine vollständige. Berücksichtigt man ferner, daß Gehörsuntersuchungen an Affen im allgemeinen keine leichte Sache sind, so erscheint es höchst sonderbar, wenn man auf Grund solcher Versuche den Ergebnissen von FERRIER und MUNK entgegentreten will.

Was die Untersuchungen von SANGER, BROWN und SCHÄFFER über das Gehörscentrum der Affen betrifft, so erfahren wir aus der letztgenannten Arbeit[4]) folgendes. Nach totaler Abtragung der oberen Schläfenwindung beider Hemispären (bei einem oder zwei operierten Affen waren übrigens geringe Reste grauer Substanz in den Furchen zurückgeblieben) erscheint das Hörvermögen nicht in merklicher Weise beeinträchtigt. Die operierten Affen unterschieden sogar leise Töne (Papierknittern u. dgl.) und schienen dabei Tonverständnis zu haben. Leider ist die Art und Weise der Gehörsuntersuchung nicht näher beschrieben und man erfährt nicht, ob der Einfluß des Gesichtssinnes ausgeschlossen wurde; Stimmgabeln scheinen in den Versuchen nicht angewendet worden zu sein. Sodann ist aus den der Arbeit von BROWN und SCHÄFFER beigefügten Abbildungen zu ersehen, daß die obere Schläfenwindung nicht vollständig abgetragen wurde, wie dies auch im Text angegeben ist. Alles in allem wird man bei der großen Schwierigkeit von Gehörsprüfungen an Affen dem negativen Ergebnis der BROWN-SCHÄFFER'schen Experimente kein allzugroßes Gewicht beimessen dürfen.

Beachtenswert erscheint jedoch, daß bei einem der operierten Affen mit bilateraler Exstirpation der Schläfenlappen und bei einem zweiten, wo nach einseitiger Entfernung der oberen Schläfenwindung die graue Substanz mit dem Schaber abgetragen wurde, eine deutliche Abschwächung des Verstandes und Gedächtnisses mit Anzeichen von Idiotie vorhanden waren. Diese Tiere nahmen wohl alle äußeren Eindrücke war, aber sie schienen die Bedeutung der Gegenstände nicht

---

[1]) Monatsschr. f. Psychiatrie 1901.
[2]) Philosophic. Transact. 1888, p. 19—21, p. 31—39.
[3]) Ibidem 1888, p. 303.
[4]) SCHÄFFER, Brain 1888.

zu verstehen. Gegenstände, die ihnen ganz geläufig waren, erkannten sie nicht, betrachteten sie neugierig, berochen und beleckten sie, als handelte es sich um etwas ganz neues. Merkwürdigerweise wiederholte sich das Beriechen usw. derselben Gegenstände nach einigen Minuten ganz in derselben Weise. Die Tiere waren außerdem auffallend gefräßig und hatten ihre Scheu vor Fremden verloren, die Umgebung war ihnen bis zu einem gewissen Grade gleichgültig geworden. Übrigens gewannen diese Affen mit der Zeit ihre früheren Verstandeskräfte wieder und machten den Eindruck normaler Tiere.

Diese Beobachtung lehrt, daß im Gebiet des Schläfenlappens in der Nähe der Gehörscentra Rindenpartien liegen müssen, welche auf die Psyche in hochgradiger Weise Einfluß üben.

Die Beweiskraft der Brown-Schäffer'schen Versuche hinsichtlich des Fehlens eines Gehörscentrums in der oberen Schläfenwindung der Affen wird von Ferrier bestritten. Er betont die unvollständige Ausschaltung der oberen Schläfenwindungen in Brown's und Schäffer's Experimenten und dies erkläre das Erhaltenbleiben des Gehörs bei den so operierten Versuchstieren.

Um die Richtigkeit seiner ursprünglichen Aufstellungen zu erhärten, unternahm Ferrier nochmals, nach Bekanntwerden der Brown-Schäfferschen Experimente, Versuche über Entfernung der oberen Schläfenwindung der Affen. Er gelangte auf Grund dieser neuen Versuche, sowie derjenigen anderer Autoren (Munk, Luciani und Tamburini, Luciani und Sepilli) und klinischer Fälle von Rindentaubheit zu dem Ergebnisse, daß die kortikalen Gehörscentra in der oberen Schläfenwindung ihren Sitz haben.

f) Experimentelle Befunde.

Wie aus obigem ersichtlich, stehen noch zahlreiche Fragen bezüglich der Lokalisation des kortikalen Gehörscentrums offen und harren ihrer endgültigen Lösung.

Die erste hauptsächlichste Frage ist: sind in der Gehirnrinde nur qualitative Gehörseindrücke zu lokalisieren und die elementareren quantitativen Perzeptionen in den Gehirnstamm zu legen, oder sind beide Arten akustischer Perzeption als Funktionen der Gehirnrinde zu betrachten?

Es enthält aber auch die Frage der eigentlichen Lokalisation der Gehörscentra in der Gehirnrinde noch mancherlei strittige Punkte, besonders was das genauere Lageverhältnis und die Grenzen dieses Centrums bei den höheren Tieren betrifft.

Von größter Bedeutung erscheint endlich die Frage nach der Lokalisation eines Centrums für die Munk'sche Seelentaubheit und die von ihm berührte Lokalisation verschiedener Töne an verschiedenen Punkten des Gehörcentrums.

Um zu erkennen, ob in der Gehirnrinde akustische Eindrücke zu lokalisieren sind, wie dies Munk behauptete, sind nach meiner Meinung die Folgeerscheinungen der uni- bezw. bilateralen Abtragung der Hemisphären von größter Bedeutung. Denn diese Operation führt unzweifelhaft zur totalen Ausschaltung aller Rindengebiete, welche im Dienste der Sinnesperzeptionen und somit auch der Gehörsperzeption

stehen. Wenn es daher gelingt nachzuweisen, daß bei einem Tier ohne Hemisphäre das Gehör in irgend einem Grade erhalten bleibt, dann liegt der bestimmte Beweis vor, daß wenigstens einfachere akustische Perzeptionen schon in den Hirnstammkernen vor sich gehen können. Im anderen Fall wäre anzunehmen, daß die Gehörsperzeptionen in der Gehirnrinde zu lokalisieren sind.

In diesem Sinn veranstaltete ich schon 1883 und später Versuche über totale Abtragung der Gehirnhemisphären bei Vögeln und verschiedenen Säugetieren (Ratte, Meerschwein, Kaninchen, Hund). Die Vogelhemisphären wurden dabei teils uni-, teils bilateral entfernt.

Was nun das Ergebnis der Versuche an Vögeln betrifft, so bestand hier nach vollzogener Entfernung der Hemisphären konstant neben Amaurose des kontralateralen Auges Taubheit auf dem kontralateralen Ohre. Wenn man daher bei einem einseitig hemisphärenlosen Vogel die Tätigkeit des Gehörorganes auf der Seite der Operation ausschaltet, dann ist der Vogel taub und reagiert nicht auf akustische Reize.

Hat man beide Hemisphären bei einem Vogel oder Säugetier abgetragen, dann findet man gleich nach dem Eingriff neben totaler Amaurose auch nahezu totale Taubheit. Wenigstens riefen starke Töne gar keine oder nahezu keine Reaktion seitens der Tiere hervor. Nur ein Zusammenfahren der operierten Tiere bei starken Schallreizen konnte bemerkt werden. Überlebt aber ein Vogel die Operation längere Zeit, dann treten früher oder später Anzeichen einer vorhandenen akustischen Reaktion auf. Tauben und Hühner schlugen einige Zeit nach der Operation auf plötzlich erfolgende Geräusche die Augen auf und erhoben ein wenig den Kopf. Man bemerkte dabei jedoch keinerlei Anzeichen einer qualitativen Perzeption von Gehörseindrücken, denn die vorhandene Gehörsreaktion änderte sich nicht in Abhängigkeit von der Qualität, Höhe oder Lokalisation der Töne.

Was die Säugetiere betrifft, welche die Operation längere Zeit überleben, so geben über die akustischen Erscheinungen bei denselben die Experimente von Goltz Auskunft.

Der Goltz'sche Hund, der sich nach totaler Abtragung beider Hemisphären erholt hatte, war nicht ganz taub, denn er erwachte infolge von Geräuschen aus dem Schlafe; auf laute Trompetentöne bewegte er die Ohren, schüttelte den Kopf, stand auf und führte manchmal sogar eine der Pfoten zum Ohre. Zuweilen machte er Bewegungen mit Ohren und Kopf und heulte sogar laut; gewöhnliche Geräusche jedoch hatten keine merkliche Wirkung. Dieser Hund war auch seiner Stimme nicht verlustig gegangen, er gebrauchte sie aber nicht auf äußere Reize hin. Man muß also im ganzen annehmen, daß der Goltz-sche Hund akustische Reize wahrnahm, aber kein qualitatives Unterscheidungsvermögen dafür hatte.

Munk faßt alle diese Erscheinungen bei dem Goltz'schen Hunde für rein reflektorisch auf. Aber dies ist eine ganz andere Frage, welche hier, wie mir scheint, nicht von ausschlaggebender Bedeutung ist. Aus den Goltz'schen Versuchen muß ich mit positiver Sicherheit schließen, daß ein Hund, der die operative Abtragung beider Hemisphären lange Zeit überlebt hat, ein Gehörsvermögen besitzt, aber in keiner Weise das Bestehen eines qualitativen Tonunterscheidungsvermögens verrät. Es

besteht also bei einem derartigen Hunde wohl eine quantitative, aber keine qualitative Gehörsperzeption.

Aus diesen Versuchen wird auch ersichtlich, daß es nicht gleichgültig ist, ob man ein Tier bald nach der Hemisphärenabtragung oder längere Zeit danach untersucht; im ersten Fall findet man nahezu totale Taubheit, im zweiten bestehen elementare Gehörsempfindungen in Gestalt quantitativer Perzeptionen.

Im Laufe der Zeit bessert sich das Gehör der operierten Tiere bis zu einem gewissen Grade, aber die Stufe der quantitativen Perzeption wird nicht überschritten.

Man muß also annehmen, daß bei Fehlen der Gehirnrinde, wenn also nur die subkortikalen Centra im medialen Kniehöcker funktionieren, Gehörsempfindungen möglich sind, welche wohl quantitativ, aber nicht qualitativ variieren. In der Gehirnrinde vollzieht sich demnach einerseits die qualitative Perzeption der Töne, welche differenzierte Gehörsempfindungen erzielt, andererseits eine bestimmte Umarbeitung dieser Empfindungen, die zur Entstehung von Gehörsvorstellungen führt.

Was die genauere Lokalisation des Gehörcentrums in der Gehirnrinde betrifft, so habe ich nach dieser Richtung hin mehrfach an Hunden Versuche angestellt. Ich kam dabei zu dem Ergebnis, daß die Abtragung eines großen Teiles der Rinde beider Schläfenlappen eine bilaterale und nahezu totale Taubheit auf sehr lange Zeit bewirkt; bei geringerer Ausdehnung der Läsion ist das Gehör beiderseits mehr oder weniger auffallend geschwächt. Dagegen erzeugt die einseitige Zerstörung des Gehörcentrums nur eine auffallende Abschwächung des Gehörs auf der anderen Seite und eine geringe, wenn auch merkliche Abschwächung des Gehörs auf der gleichen Seite.

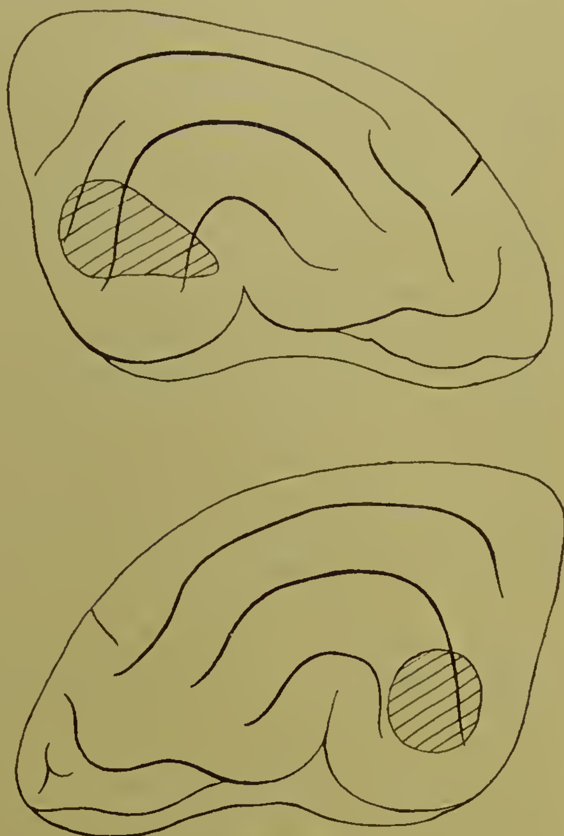


Fig. 407.
Abtragung der Rinde beiderseits im Bereiche des hinteren Endes der zweiten Furche, wobei die Läsion auf die zweite und dritte Windung übergeht, links kreisförmig, rechts birnförmig mit der Spitze in die vierte Windung (Gyrus angularis) hineinreichend. — Seelentaubheit war nicht zu bemerken; der Hund pariert (reicht auf Befehl die Pfote, stellt sich auf die Hinterbeine usw.). — Niedere Töne, (A, e, c) ergaben keine Reaktion, mittlere und höhere (a^1, b^1, c^2, c^3) ergaben beiderseits Reaktion; cis^2 links war ausgefallen, rechts erhalten (rechts reichte die Läsion ein wenig in die vierte Windung hinein).

Da es sich dabei, selbst wenn die Läsion sich auf die Region der Munk'schen Seelentaubheit beschränkt (Fig. 407), um eine wirkliche

Abnahme des Gehörs und nicht bloß um psychische Taubheit handelt, so enthält die angegebene Rindenregion offenbar das Centrum der Gehörsperzeption, in welchem qualitativ differente Gehörsempfindungen aufgenommen werden (Dr. LARIONOV).

Die Befunde meines Laboratoriums zeigen, daß die verschiedenen Felder des Gehörscentrums zur Aufnahme qualitativ verschiedener Toneindrücke eingerichtet sind. Die hierbezüglichen Untersuchungen meines Laboratoriums, die von Dr. LARIONOV mit großer Mühe und Sorgfalt ausgeführt wurden, haben zu recht merkwürdigen Ergebnissen geführt.[1]) Er bestimmte das Gehör der operierten Tiere nach BEZOLD mittels der mehroktavigen Stimmgabelreihe, wobei zur Abschwächung der Obertöne weiche Hämmerchen, welche eine bestimmte Tonstärke hervorrufen, benutzt wurden. Man nahm Stimmgabeln aus 6 Oktaven, nämlich A^1 aus der Kontreoktave, A aus der großen Oktave, c und e aus der kleinen Oktave, g^1, a^1, b^1 und h^1 aus der einstrichigen Oktave, c^2, cis^2, a^2 aus der zweistrichigen und c^3 aus der dreistrichigen Oktave. Diese Töne haben nach HELMHOLTZ folgende Schwingungszahlen in der Sekunde: A^1 55, A 110, c 132, e 165, g^1 296, a^1 440 (435 nach der Französischen Akademie, welche 870 Hauptwellen zählt), h^1 495, c^2 528, e^2 880 und a^2 1056. Eine größere Anzahl von Stimmgabeln zu benutzen, war bei der großen Menge der angestellten Versuche kaum durchführbar. Benutzt wurden außerdem Blasinstrument Nr. 1 mit den Tönen b^1 und cis^2 und Nr. 2 mit der chromatischen Tonleiter von d^1 bis fis^2. Diese Stimmgabeln hatten ganz die gleichen Obertöne wie die entsprechenden gewöhnlichen Stimmgabeln. Die Anwendung dieser Blasinstrumente, die nach HELMHOLTZ zu den Zungenpfeifen mit zahlreichen Obertönen gehören, war durch den Umstand bedingt, daß schon viele andere Autoren mit denselben experimentiert haben. Sie boten außerdem bis zu einem gewissen Grade einen Ersatz für die menschliche Sprache (z. B. für den Ton der Worte und Konsonanten) im Bereiche der einfach- und doppeltgestrichenen Oktave, innerhalb welcher bekanntlich die Töne der menschlichen Sprache sich bewegen. — Sämtliche Stimmgabeln wurden auf Violine und Klavier genau geprüft.

Untersucht wurden die operierten Hunde außerdem bezüglich der akustischen Reaktion auf Geräusche. Letztere erzeugte man 1. durch Reiben von Sandpapier, 2. durch Erschüttern von Sand in einem Pappeschächtelchen, 3. durch Erschüttern von Metallringen in einem Blechkästchen, 4. durch Schütteln einer Pappschachtel mit Steinchen und Knochenstückchen von verschiedener Größe und Form.

Zur Tonerzeugung war ein großes und kleines Hämmerchen speziell ad hoc konstruiert worden. Das große Hämmerchen bestand aus einer starken quadratischen Holzplatte mit daran befestigtem metallischem Perkussionshammer und einer seitlich vom Hammer stehenden, in 8 cm eingeteilten Skala. Eine angebrachte Feder wird beim Heben des Hammers zusammengedrückt.

Das zweite Hämmerchen bildet eine gußeiserne Platte auf Korkfüßen mit daran befestigtem Stahlhebel von 26 cm und vertikal stehender Skala mit Teilung bis 30 cm. Das Ende des Hebels trägt einen Perkussionshammer mit Gummiende. Der Hebel selbst ist ebenfalls in

---

[1]) Dr. LARIONOV, Inaug.-Dissert. St. Petersburg 1898.

in cm eingeteilt; an ihm gleitet ein Gewicht zur Vergrößerung der Schlagstärke. Bei der Tonerzeugung bringt man das Ende des einen Stimmgabelastes auf den glatten Rand der Gußeisenplatte, während der andere Ast mittels des von einer bestimmten Höhe herabfallenden Hammers einen Schlag ausführt. Man erzielt so einen vollkommen klaren und reinen Ton ohne Beimengung von Obertönen.

Außerdem wurden Töne durch Anschlagen der Stimmgabel an den weichen Fuß des Tisches erzeugt. Um dabei nach Möglichkeit Obertöne zu vermeiden, wurde bei regelrechtem Anschlag hauptsächlich darauf geachtet, daß die Stimmgabel dem Ohr des Hundes nicht gleich nach dem Anschlagen genähert wurde, sondern einige Sekunden später, wenn die Obertöne für das Ohr bereits verschwunden sind.

Die Gehörsprüfung erfolgte gewöhnlich auf folgende Weise:

Man band den Hund frei an einen Tischfuß und brachte die Stimmgabel von vorne her an das Ohr des Tieres, während dasselbe mit der anderen Hand an der Schnauze festgehalten wurde. Im Falle der Untersuchung mit Blasinstrumenten wurden diese so an das Ohr des Tieres gebracht, daß die austretende Luft seitlich am Ohr vorbeistrich.

Es fand eine entsprechende Auswahl der Versuchstiere statt. Viele Hunde machen auf Tonreize Ohrbewegungen und Nickbewegungen mit dem Kopf. Auch Pupillenreflexe kommen zur Beobachtung. Alles dies sind akustische Rindenreflexe, denn nach Hemisphärenabtragung verschwinden diese Bewegungen; auch nach Zerstörung der akustischen Rindencentra fallen sie aus.

Es versteht sich von selbst, daß zu den Versuchen nur Hunde, die auf Tonreize reagieren, ausgewählt wurden. Am besten eignen sich zu den Tonversuchen schwarze Pudel, und Setter zu den Geräuschversuchen.

Man untersuchte das Gehör der Hunde außerdem mittels der gebräuchlichsten Anrufe: „hier“, „da“, bei dressierten Hunden auch mit anderen, ihnen bekannten Worten.

Die Gehörsprüfungen erfolgten gewöhnlich in der Morgen- und Abendstille. Notiert wurden während der Versuche durch besondere Zeichen: Fehlen von Reflex, schwacher Ohrreflex, guter Reflex, sehr guter Reflex; gekreuzter Reflex (schwach, gut, sehr gut).

Das allgemeine Ergebnis der nach dieser Richtung hin ausgeführten 20 Versuche war folgendes.

Schon ganz geringfügige Läsionen der Temporallappenrinde im Bereiche einer der Schläfenwindungen erzeugen zunächst für einige Tage totale Taubheit des andersseitigen Ohres gegenüber Tönen und Geräuschen und eine merkliche Herabsetzung des Gehörs gegen Töne und Geräusche auf der gleichen Seite.

Später kehrt das Gehörvermögen allmählich wieder, jedoch bleibt das andersseitige Ohr gegen gewisse Töne total taub, das gleichseitige merklich schwerhörig.

Dieser Befund deutet einerseits auf eine partielle Kreuzung der Gehörnerven, andererseits geht daraus hervor, daß differente Punkte der Temporalrinde zur Perzeption von Tönen bestimmter Höhe in Beziehungen stehen.

Im Falle der Zerstörung der vierten Windung bezw. des Gyrus angularis beim Hunde (beim Menschen und bei den Affen ist diese

Windung in der Tiefe der Insel verborgen) fielen die hohen Töne aus, etwa von c²; bei Zerstörung des hinteren temporalen Abschnittes der dritten Windung kam es zum Wegfall der mittleren Oktaven, annähernd von e bis c²; bei Entfernung der Rinde im hinteren-unteren Ende der dritten Windung war die Tonwahrnehmung der unteren Oktaven annähernd von e bis A¹ erloschen. Endlich führte die Entrindung aller drei Windungen zum Ausfall sämtlicher sechs Oktaven, aber unter Erhaltung der Perzeption für einzelne intermediäre Töne.



Fig. 408.
Gehirn des Hundes. Verteilung der Toncentra. Von den niederen zu den höheren Oktaven verbreiten sich diese Centra in absteigender Richtung im hinteren-unteren Abschnitt der zweiten Windung, steigen dann im hinteren-unteren Abschnitt der dritten Windung auf und endigen im Gyrus angularis.

Das Gesamtergebnis sämtlicher Versuche geht dahin, daß im Schläfenlappen des Vorderhirns eine Tonskala vorliegt. Die Lage der Centra für die verschiedenen Töne im Bereiche des Schläfenlappens stellt sich auf Grund der Tierversuche wie folgt dar (Fig. 409). Die Anordnung der Toncentra für die verschiedenen Oktaven ist eine derartige, daß die Centra für die Töne der niederen Oktaven im hinteren - unteren Abschnitt der zweiten Windung, die Centra für die höheren Oktaven in der vierten Windung bezw. im Gyrus angularis sich ausbreiten; die Centra für die mittleren Oktaven finden sich auf der dritten Schläfenwindung. Im allgemeinen weisen die sämtlichen Toncentra folgende sukzessive Anordnung auf:



Fig. 409.
Allgemeines Schema der Tonreflexe der Temporalregion. Die Skala der Töne verläuft in der zweiten Windung von oben nach unten, in der dritten von unten nach oben, in der vierten von oben nach unten. Die Reihenfolge der Töne geht in derselben Richtung von den niederen bis zu den höchsten Tönen. Die niederen Töne werden perzipiert in der zweiten Windung, die mittleren in der dritten, die höchsten in der vierten bzw. im Gyrus angularis.

Oben im hinteren-unteren Abschnitt der zweiten Windung beginnend gehen die Centra der tiefen Töne allmählich in das Gebiet der

Centra für höhere Töne über und zwar in der Richtung von oben nach unten den hinteren-unteren Abschnitt der zweiten Windung durchschreitend; von unten her das hintere Ende der zweiten Furche (Fissura postsylvia Owen, Fissura suprasylvia posterior von Ellenberger und Baum) umbiegend gehen sie in die dritte Windung über, wobei sie von ihrem unteren Ende nach oben aufsteigen und am oberen Ende dieser Windung über die dritte Furche (Fissura ectosylvia Owen, Fissura ectosylvia posterior Ellenberger) in die hintere Hälfte der vierten Windung (Gyrus angularis) eintreten.

Über das Gehörcentrum liegen neuere Untersuchungen vor von Kalischer nach der Dressurmethode und von Makovski und Eljasson nach der Methode des bedingten Speichelreflexes. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen stimmen weder mit den Befunden von Munk und Larionov, noch untereinander überein.

Kalischer gewöhnte seine Hunde, bei einem bestimmten Ton sich über das vorgeworfene Fleisch zu werfen, bei einem anderen Ton sich dessen zu enthalten. Nach einseitiger Zerstörung der Schnecke hob die Abtragung des kortikalen Gehörcentrums derselben Seite beim Hunde nicht die erwähnte motorische Reaktion auf. Es handelt sich hier indessen nicht um eine lokale motorische Reaktion, wie in den Versuchen von Dr. Larionov, sondern um eine Reaktion allgemeinen Charakters, welche in diesen Versuchen selbst nach Zerstörung des Vierhügels erhalten blieb. In den Versuchen von Goltz blieb die allgemeine motorische Reaktion selbst nach totaler Abtragung beider Hemisphären bestehen. In den Versuchen des Dr. Makorski führte die Exstirpation der Hörsphäre beider Seiten zum Erlöschen des vorher erzeugten bedingten Speichelreflexes, aber das Exstirpationsfeld mußte dabei weit über die Grenze der Munk'schen Sphäre hinausgehen. Dr. Eljasson[2]) entfernte beim Hunde beiderseits die vorderen zwei Drittel des kortikalen Hörcentrums, bei einem anderen Hunde dessen hintere zwei Drittel. Er schließt aus diesen Versuchen: 1. im kortikalen Hörcentrum gibt es keine Toncentra; 2. nach erfolgter Abtragung von zwei Drittel des kortikalen Gehörcentrums bleibt die Hörfunktion in ihren allgemeinen gröberen Äußerungen unverändert, denn der Hund unterscheidet nach wie vor die Töne und deren Klangfarbe; 3. eine Störung erleiden bei dem Hunde die feineren akustischen Funktionen, die Tonanalyse verliert ihre frühere Feinheit und eine Vervollkommnung des Gehörs wird unmöglich; 4. das kortikale Hörcentrum wirkt hemmend auf die akustischen Funktionen.

Ich verzichte auf jede Kritik dieser Versuche sowohl hinsichtlich der Methode, als auch hinsichtlich der Resultate. Meiner Ansicht nach bedarf es zur endgültigen Klarlegung der Funktion des kortikalen Gehörcentrums noch einer Reihe weiterer Untersuchungen an der Hand vollkommenerer Methoden. Neuerdings erfolgten solche Untersuchungen in meinem Laboratorium mittels der Methode der assoziativ-motorischen Reflexe und haben in der Arbeit von Dr. Protopopov schon zu schönen

---

[1]) Makorski, Tonreflexe bei Abtragung der Temporalregion des Gehirns des Hundes. Dissert. St. Petersburg, 1908.

[2]) Eljasson, Untersuchungen über das Hörvermögen des Hundes usw. Vračebn. gaš. 1910, Nr. 30.

Resultaten geführt. Die Feinheit dieser Methode geht auch daraus hervor, daß die assoziative Bewegungsreaktion beim Hunde sich dabei in den Versuchen meines Laboratoriums auf $^1/_7$ Ton differenziert,[1]) während die Hunde in Eljasson's Speichelversuchen nur auf $^1/_2$ Ton verschieden reagierten.

Selbst bei partiellen unilateralen Zerstörungen im Bereiche des Hörcentrums trat bei den Versuchstieren mit der Zeit totale Taubheit ein und zwar auf beiden Ohren. Dies hängt wahrscheinlich zusammen mit einer Ausbreitung der Erweichung auf Nachbargebiete und konsekutiver Degeneration von Assoziations-, Kommissuren- und Projektionsbahnen auf beiden Seiten, wie auch bei der postmortalen Untersuchung des Gehirns der operierten Tiere mit der Marchi'schen Methode sich bestätigte.

Was die Wahrnehmung der Geräusche betrifft, so hörte dieselbe mit dem Ausfall der Tonperzeption auf. Alle Versuche bezeugen, daß Geräusche in den gleichen Centralgebieten zur Perzeption gelangen, wie die Töne.

Was die Perzeption der Sprachlaute und der nahe verwandten Zungentöne betrifft, so kann man wenigstens bei einigen Tieren (Hund) eine rudimentäre Anlage des dem Wernicke'schen Centrum des Menschen entsprechenden Centrums annehmen. Denn beim Ausfall der Reaktion auf fast alle Töne und Geräusche bleibt die Perzeption der Sprachtöne, denen auch die Zungentöne entsprechen, erhalten.

In einem der Versuche war nach Zerstörung des linken Parietallappens nur die Perzeption der Zungentöne ausgefallen. Dies erklärt sich wahrscheinlich durch die Nachbarlage eines rudimentären Wernicke-schen Centrums, welches beim Hunde offenbar am oberen Ende der dritten Schläfenwindung zu lokalisieren sein wird.

Was die Verhältnisse der Seelentaubheit bei dressierten Hunden mit Zerstörung des obigen Rindenfeldes betrifft, so lieferten die dahinzielenden Untersuchungen ein negatives Ergebnis. Wenigstens waren die Hunde, denen in vier Versuchen die centralen Teile der Gehörscentra abgetragen wurden, in der ersten Zeit zwar scheu und anscheinend schwachsinnig, später jedoch erholten sie sich schnell und hörten vorzüglich auf Kommando. Nur in den ersten Tagen nach der Operation waren die Hunde wie betäubt und erschienen daher schwachsinnig; die spezielle Untersuchung entdeckte an den folgenden Tagen bei diesen Hunden einen Ausfall der tiefen und mittleren Töne entsprechend dem lädierten Rindengebiet.

Die dargelegten Versuche führen also zu dem Ergebnis, daß in dem vorhin näher bezeichneten Gebiet des Schläfenlappens ein akustisches Perzeptionscentrum lokalisiert ist. In diesem Centrum entstehen qualitativ differenzierte Empfindungen. Nicht vorhanden aber ist in diesem Rindenfelde ein Centrum zur Aufbewahrung von Toneindrücken bezw. ein Centrum für akustische Vorstellungen, dessen Zerstörung Erscheinungen von Seelentaubheit, wie sie in Munk's Versuchen beobachtet wurden, ergeben würde. Ein solches Centrum muß in den nachbarlichen Rindengebieten für sich lokalisiert sein. Selbst ausgedehnte Läsionen der unteren Abschnitte der zweiten und dritten Temporalwin-

---

[1]) Dr. Protopopov, Dissert., S. 157.

dung ergaben in den Experimenten Larionov's (aus meinem Laboratorium) keine Erscheinungen von Seelentaubheit. Dies geht z. B. aus dem Versuch hervor, in welchem die Rinde so zerstört wurde, wie in der beifolgenden Abbildung angezeigt ist. Es scheint, daß dieses Centrum beim Hunde in der zweiten Primärwindung ein wenig nach oben und nach hinten von dem akustischen Perzeptionscentrum gelegen ist.

Es besteht in dieser Beziehung offenbar eine große Analogie zwischen den entsprechenden akustischen und optischen Centren. Wie es in der Rinde ein Centrum der optischen Perzeption und ein besonderes Centrum für die Aufbewahrung akustischer Eindrücke bezw. ein Centrum für optische Vorstellungen gibt, so haben wir auch hier ein kortikales Centrum der akustischen Perzeption und ein besonderes Centrum für akustische Vorstellungen, wo alle irgendwann stattgehabten akustischen Eindrücke aufbewahrt werden.

Diese Unterscheidung eines akustischen Perzeptionscentrums und eines Centrums zur Aufbewahrung akustischer Eindrücke (akustisches Vorstellungscentrum) steht, wie wir sehen werden, auch mit den klinischen Befunden in voller Übereinstimmung.

Ich bemerke zum Schluß, daß die Zerstörung anderer Rindenregionen (motorische Zone, Stirnlappen) weder in meinen, noch in Larionov's Versuchen nennenswerte Störungen der Gehörsfunktion nach sich zog.

2. Motorische Erscheinungen bei Reizung der Hörsphäre.

a) Literarische Angaben.

Wie bei anderen sensiblen und psychosensorischen Rindencentren, bewirkt auch die elektrische Reizung der Gehörsphäre eine Reihe motorischer Erscheinungen. Soviel mir bekannt, hat zuerst Hitzig diese Erscheinungen nachgewiesen.

Ferner hat Ferrier gefunden, daß die elektrische Reizung der oberen Schläfenwindung bei den Affen, sowie des unteren oder hinteren Abschnittes der dritten Primärwindung oder des entsprechenden Rindenfeldes anderer Säugetiere (Hund, Schakal, Katze, Kaninchen, Meerschweinchen, Ratte) Abduktion und Erheben des kontralateralen Ohres, Öffnen der Augen, Pupillenerweiterung und Drehung des Kopfes und der Augen nach der entgegengesetzten Seite bewirkt.

Da ganz analoge Erscheinungen bei den Affen nach einem lauten Pfiff auftreten, so nimmt Ferrier an, daß in der oberen Schläfenwindung selbständige motorische Centra nicht vorkommen; die betreffenden Bewegungen erklärt er als Ausdruck der infolge der Stromreizung auftretenden subjektiven akustischen Erscheinungen, wobei eine Reizübertragung von dem sensorischen Gehörscentrum auf die motorischen Centra der Centralzone und ihre Umgebungen stattfinde. Mit anderen Worten, die Bewegungen, welche bei Reizung des Gehörscentrums auftreten, werden nicht durch Leitungen, welche aus der Region des Gehörscentrums hervorgehen, übertragen, sondern sind bedingt durch reflektorische Übergabe vom Gehörscentrum durch Assoziationsbahnen auf die motorischen Centra der Gehirnrinde.

Späterhin erzielten Sänger, Brown und Schäffer mittels elektrischer Reizung der hinteren oder oberen $^2/_3$ der ersten Schläfen-

windung der Affen Deviation der Augen nach der entgegengesetzten Seite, welche Bewegung aber auch bei Reizung der benachbarten zweiten Schläfenwindung auftrat. Bei Reizung des oberen Abschnittes der oberen Schläfenwindung an der Stelle, wo die Fissura Sylvii und die Parallelfurche zusammentreffen, trat Rückwärtsbewegung des kontralateralen Ohres ein. Es konnte aber nicht, wie in Ferrier's Versuchen, durch Reizung dieser Rindengebiete eine Bewegung des Ohres nach vorn erzielt werden.

Baginsky's Spezialuntersuchungen über Reizung der Hörsphäre[1]) (aus Munk's Laboratorium) ergaben folgendes allgemeine Resultat:

Die unteren Abschnitte der zweiten, dritten und vierten, bei stärkerer Reizung auch die oberen Teile der dritten und vierten Windung in der Höhe des Hinterendes der Fissura Sylvii ergaben beim Hunde Ohrenbewegungen; zugleich fand Baginsky Pupillenerweiterung und Deviation der Augenbulbi nach der entgegengesetzten Seite. Dabei trat schnelle Beruhigung des Versuchstieres ein, welches zeitweise sogar mit dem Schwanz zu wedeln begann.

Von den unteren und mittleren Teilen der zweiten, dritten und vierten Windung erzielte Baginsky Ohrenbewegungen und Öffnen der Augen. Vom unteren Abschnitt der zweiten Windung konnten Vorwärtsbewegungen des kontralateralen Ohres hervorgerufen werden.

b) Experimentelle Befunde.

Das Auftreten von Augen- und Ohrenbewegungen ist in meinem Laboratorium mehrfach untersucht worden, und zwar von mir selbst und von anderen Beobachtern. Unter anderem wurden durch Dr. Larionov Spezialuntersuchungen über die Folgen der Reizung der Region des Hörcentrums angestellt.

Es konnte dabei ermittelt werden, daß die elektrische Reizung der drei Schläfenwindungen entsprechend der Lage des Gehörscentrums eine Deviation der Ohren, der Augen und des Kopfes nach der anderen Seite bewirkt; es schien, als wenn der Hund mit dem dem Reize entgegengesetzten Ohre hinhorchte.

Noch eingehendere Untersuchungen über das hier befindliche Augenbewegungscentrum hat Dr. Gerver in meinem Laboratorium ausgeführt.[2])

Es stellte sich dabei heraus, daß das kortikale Augenbewegungsfeld beim Hunde im Centrum des Gyrus angularis (auf dessen Nichtidentität mit der gleichnamigen Windung der Affen und des Menschen wurde schon früher hingewiesen) am Ende der Fissura Sylvii seine Lage hat und eine Ausdehnung von höchstens 3—4 qmm besitzt (Fig. 410 *c*). Die Irritation dieses Feldes bewirkt gewöhnlich ein Erheben und Rückwärtsziehen des kontralateralen Ohres, gefolgt von Deviation der Augen und des Kopfes nach der dem Reiz entgegengesetzten Seite und merklicher Pupillenerweiterung.

Wie das Experiment ferner dartut, ist die Erregbarkeit dieses Feldes geringer als die Erregbarkeit des frontalen Augenbewegungs-

---

[1]) Baginsky, Arch. f. Anat. u. Physiol. 1891, S. 227.
[2]) Dr. Gerver, Dissertation, St. Petersburg.

centrums, von welchem früher die Rede war. Daher bewirkt die gleichzeitige Reizung des frontalen Feldes der einen Hemisphäre und des temporalen Feldes der anderen Hemisphäre stets Augenbewegungen nach der dem gereizten frontalen Centrum entgegengesetzten Seite.

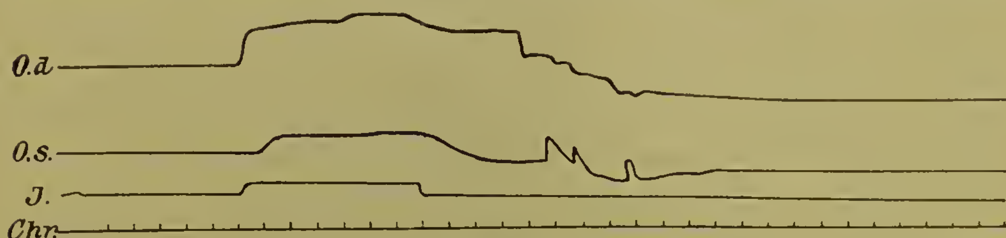


Fig. 410.

Kurve, erhalten bei Reizung des temporalen Rindenfeldes *l*. Erste (obere) Kurve = Bewegungen des rechten Auges, zweite Kurve = Bewegungen des linken Auges, dritte Kurve = Reizindikator; unten Zeit in Sekunden.

Die Umschneidung des temporalen Feldes hebt die erzielten Augenbewegungen nicht auf; seine Exzision hat auf die Stellung der Augen keinen Einfluß.

Bei querer Durchschneidung der Gehirnhemisphäre längs dem Sulcus cruciatus erfahren die Augenbewegungen bei Reizung des temporalen Feldes keine Störung (Fig. 410). Daraus geht hervor, daß diese Bewegungen nicht von einer Reizübertragung auf die Centra der motorischen Zone der Gehirnrinde abhängen. Die Zerstörung des vorderen Vierhügels dagegen hebt den okulomotorischen Effekt der Reizung des temporalen Feldes sofort auf, woraus folgt, daß die in Rede stehenden motorischen Reize durch die Region des vorderen Vierhügels den subkortikalen okulomotorischen Centren übermittelt werden.



Fig. 411.

Gehirn von Macacus. Die Zahlen entsprechen der Lage der gereizten Rindenstellen.

105—101 Deviation der Augen nach rechts und unten; *25* geringes Erzittern des rechten Ohres, Augenbewegung nach rechts oben, Kontraktion der Pupillen; *26* Oscillierende Bewegungen des rechten Ohres und Anziehen desselben an den Kopf nach hinten (ohne Augenbewegungen); *9* Öffnen der Augen, namentlich des rechten, Erweiterung der Pupillen, Bewegungen des Kopfes nach rechts; *61* Deviation der Augen nach rechts; *27* starke Deviation der Augen nach rechts und ein wenig nach oben; *28* starke Deviation der Augen nach rechts und ein wenig nach unten; *29* Verengerung der Pupillen und Einwärtsrollen der Augen (namentlich des gleichseitigen); *19* Erweiterung der Pupillen, Zwinkern rechts, bei weiterer Reizung schwache Bewegung des rechten Ohres; *20* Erweiterung der Pupillen, Zwinkern rechts, oscillierende Bewegungen des rechten Ohres und der rechten Gesichtshälfte; *42* klonisches Zucken der rechten Wange, des rechten Oberlides, bei stärkerer Reizung auch des rechten Ohres.

In einer Reihe weiterer Versuche reizte ich das Gehörcentrum des Affen.

Es wurden dabei von der ersten Schläfenwindung aus durch elektrische Reizung Bewegungen des kontralateralen Ohres erzielt. In

meinen Versuchen konnten diese Bewegungen von zwei Punkten aus erhalten werden (Punkt 25 und 26, Fig. 411). Die Reizung des hinteren Punktes bewirkte Erzittern und Bewegungen des kontralateralen Ohres, die Reizung des vorderen bezw. unteren Punktes ergab Adduktion des kontralateralen Ohres an den Kopf.

Ferner gelang es mir an Affen durch Reizung der Region des Gehörcentrums im Gebiete der ersten Schläfenwindung Drehung der Augen nach der entgegengesetzten Seite hervorzurufen (*e* Fig. 412).

Gleichzeitig mit den Augenbewegungen können bei Reizung der Region des Gehörcentrums Veränderungen der Pupillenweite, und zwar Erweiterung oder Verengerung erzielt werden.

Wenigstens gelang es mir an Affen, durch Reizung des hinteren Abschnittes der ersten Schläfenwindung mit dem faradischen Strom eine hochgradige Erweiterung der Pupillen zu beobachten bei Deviation des Kopfes nach der entgegengesetzten Seite und Öffnen der Augen (besonders des kontralateralen). Die Reizung einer mehr nach hinten und oben gelegenen Stelle der gleichen Windung der Affen ergab in meinen Versuchen eine lebhafte Zusammenziehung der Pupillen bei Deviation der Augen nach der entgegengesetzten Seite und ein wenig nach oben, bei Mangel jeglicher weiterer Bewegungen. Unter physiologischen Verhältnissen liefert das Bestehen eines Pupillenbewegungscentrums im Gebiete oder in der Nachbarschaft des Gehörcentrums eine hinreichende Erklärung für das Spielen der Pupille bei den verschiedenen Gehörsperzeptionen.

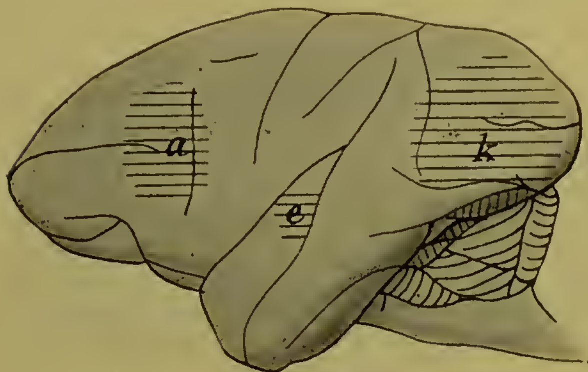


Fig. 412.
Gehirn von Macacus.
a frontales Augenbewegungscentrum; *k* occipitales Augenbewegungscentrum: *e* temporales Augenbewegungscentrum.

Was die unter der ersten Schläfenwindung befindliche psychoakustische Sphäre betrifft, so können von hier aus durch elektrische Stromreizung einerseits Ohrenbewegungen, andererseits Augenbewegungen erzielt werden. Wir haben schon früher gesehen, daß die elektrische Reizung nicht nur des eigentlichen Gehörscentrums, sondern auch seiner Nachbargebiete Bewegungen des kontralateralen Ohres nach vorne bewirkt; die Reizung anderer Stellen ergibt Erweiterung der Pupillen und Deviationen der Augenbulbi.

Die Untersuchung der Hörregion und der benachbarten Hemisphärenpartien des Hundes mit dem elektrischen Strome führte Dr. Larionov zu folgenden Ergebnissen.

Die Reizung einiger Stellen in der Nachbarschaft der Fissura Sylvii am hinteren Abschnitt der dritten und vierten Primärwindung bewirkte Erhebung und Rückwärtsbewegung des rechten Ohres und Deviation der Augen und des Kopfes nach rechts, als wenn das Tier sich zur Tonquelle wendete. Die Reizung in der Nähe des hinteren Endes der Fissura Sylvii am vorderen Abschnitt der dritten und vierten Primär-

windung bewirkte Bewegungen des rechten Ohres nach oben und vorne, Augenzwinkern rechts, Deviation der Augen nach rechts und Drehung des Kopfes ebendahin.

Diese Erscheinungen sind auch in meinem Laboratorium beobachtet worden. Da die Region, von welcher aus diese Bewegungen erzielbar sind, der Gegend des Munk'schen Centrums entspricht, so handelt es sich hier offenbar um Bewegungen, welche von der Gegend des akustischen Centrums ausgehen.

Die soeben aufgeführten motorischen Effekte kommen sämtlich nur bei relativ schwachen Strömen zu Stande; stärkere Ströme können allgemeine Krampfbewegungen auslösen.

Im Falle der Umschneidung dieser Centra zeigen die Bewegungsphänomene keine Veränderung. Sie verschwinden nur im Falle der Unterminierung der Gehirnrinde. Daraus folgt, daß es sich hier um selbständige motorische Centra handeln muß. Ferrier hält die Bewegungen, welche bei der Reizung der Temporalrinde auftreten, für Reflexbewegungen, welche angeblich durch subjektive Empfindungen bedingt sein sollen. Allein der Umstand, daß diese Bewegungen auch von der subkortikalen weißen Substanz aus erzielt werden können, bezeugt, daß es sich hier nicht um reflektorische Bewegungen handelt, sondern um Bewegungen, welche bedingt sind durch Reizung der hier vorhandenen besonderen motorischen Leitungen, welche in engstem Zusammenhang mit den Centren der Gehörsempfindungen stehen. Auch die Bewegungen, welche unter normalen Verhältnissen durch diese Leitungsbahnen bedingt werden, spielen sich offenbar unter unmittelbarer Kontrolle akustischer Empfindungen ab.

Für diese Auffassung spricht auch die Tatsache, daß Läsionen im Bereiche des Gehörscentrums, gleich wie die Unterminierung dieser Centralregionen bei den Versuchstieren keinerlei merkliche Veränderungen der willkürlichen Motilität nach sich ziehen; wohl aber sind die dabei unwillkürlichen Bewegungen des kontralateralen Ohres bei Schallreizen vollkommen aufgehoben. Hier handelt es sich also offenbar um motorische Centra unwillkürlichen Charakters, welche durch akustische Empfindungen und Vorstellungen angeregt werden.

Es verdient Beachtung, daß nach Zerstörung der Region des Hörcentrums keinerlei merkliche Störungen der Hautsensibilität auftreten. Dies steht im Gegensatz zu der Auffassung Munk's, wonach der Gyrus angularis beim Hunde als sensibles Centrum des kontralateralen Ohres funktionieren soll.

Unzweifelhaft spielen akustische Eindrücke eine Rolle auch bei der Koordination vieler anderer Bewegungen, besonders solcher, die an ein bestimmtes Tempo (Tanzbewegungen und dgl.) gebunden sind. Auch ist kaum zu bezweifeln, daß die speziellen Bewegungen, welche beim Sprechen sich vollziehen, unter unmittelbarer Kontrolle des Gehörs stehen. Deshalb führt Taubheit in früher Jugend gewöhnlich zu Taubstummheit, und beim Erwachsenen bewirkt totale Taubheit nicht selten bestimmte Sprechstörungen bezüglich der Intonation, ja im Sinne einer Alteration der Wortaussprache.

In diesem Fall jedoch handelt es sich offenbar bereits um eine Übertragung des Einflusses akustischer Empfindungen und Vorstellungen

auf entlegene Bewegungscentra im Bereiche der Centralwindungen und des Stirnlappens.

Aus anderen Versuchen meines Laboratoriums geht, wie ich hier anmerken will, hervor, daß man von der Temporalregion aus durch elektrische Stromreizung äußerst leicht ein hochgradiges Ansteigen des Blutdruckes erzielen kann. Dies erklärt vielleicht den Einfluß von Gehörsempfindungen auf die Zirkulation überhaupt und auf die zirkulatorisch bedingten Allgemeinempfindungen und Stimmungen.

c) Pathologische Verhältnisse.

Die klinischen Beobachtungen sprechen mit Bestimmtheit dafür, daß das Gehörcentrum beim Menschen in den Schläfenlappen zu verlegen ist und zwar sind speziell die oberen Windungen dieses Hirnteiles mit akustischen Funktionen betraut.

Von den klinischen Erfahrungen, welche das kortikale Gehörcentrum betreffen, werde ich hier nur die allerinstruktivsten namhaft machen.

Shaw[1]) beobachtete eine 34 Jahre alte Frau, welche zwei Monate vor ihrer Aufnahme ins Krankenhaus nach einem apoplektischen Insult ein Schwächegefühl im rechten Arm bekam, das Sprachvermögen verlor und taub wurde. Die Schwäche im Arm ließ allmählich nach, aber die Taubheit blieb bestehen. Die Kranke erblindete, bekam epileptische Anfälle und starb ein Jahr später an Lungenentzündung. Bei der Sektion fand man totale Atrophie des Gyrus angularis und der oberen Schläfenwindung beiderseits mit Schwund der grauen Substanz. Die Gehirnnerven waren normal, nur die Sehnerven waren atrophisch.

Einen analogen Fall berichten Wernicke und Friedländer.[2]) Eine Frau von 43 Jahren bekam einen Schlaganfall, begleitet von rechtsseitiger Hemiplegie und Aphasie; sie konnte noch undeutlich sprechen, begriff aber nicht, was man ihr sagte. Die rechtsseitige Hemiplegie verging mit der Zeit, es entstand aber eine leichte Paralyse des linken Armes. Es entwickelten sich Erscheinungen von Verwirrtheit, die Kranke wurde absolut taub. Die Untersuchung der Ohren hatte ein negatives Resultat. Es trat Exitus letalis nach einer Hämorrhagie ein. Bei der Sektion fand man eine gummöse Erweichung beider Schläfenlappen einschließlich der beiden oberen Temporalwindungen. Sonst bestanden keine abnormen Erscheinungen am Gehirn.

Pick's Beobachtung[3]) betrifft einen Mann von 64 Jahren, der plötzlich nach einem Schlaganfall taub wurde; er bekam gleichzeitig rechtsseitige Hemiparese, Dysarthrie und Paraphasie, obwohl er die Gegenstände richtig benennen und auch lesen konnte. Die vorgenommene Sektion ergab eine Affektion beider Schläfenlappen unter Beteiligung der oberen Temporalwindungen.

Beachtung verdient ferner eine von Durante[4]) mitgeteilte Beobachtung mit Affektion fast des ganzen Schläfenlappens; es bestand zu

---

[1]) Vgl. Ferrier, The cronian lectures on cerebral localisation 1890.
[2]) Wernicke und Friedländer, Fortschr. d. Med. 1883, Nr. 6.
[3]) Pick, Zeitschr. für Hypnot. 1897, Bd. 6, H. 5.
[4]) Durante, Brit. Med. Journ. 1902, S. 1825.

Lebzeiten beiderseitige Taubheit, die mit der Zeit in einseitige Schwerhörigkeit des kontralateralen Ohres überging.

Außerdem wäre hier noch einer Beobachtung von Mills[1]) zu gedenken. In diesem Fall handelte es sich um einen Kranken, welcher 9 Jahre vor seinem Tode total taub wurde nach einem Insult, welchem 4 Jahre vorher ein erster vorangegangen war. Bei der Sektion stieß man auf einen alten zweiseitigen Herd im Bereiche der ersten und zweiten Temporalwindung.

In anderen Fällen, wie in dem von Anton beschriebenen, beobachtete man bei doppelseitiger Erkrankung des Schläfenlappens Taubheit, die von der Kranken selbst unbemerkt blieb, zum Unterschied von der peripheren Acusticustaubheit. Die Kranken können im ersten Fall ihren Defekt nicht einmal kompensieren und verbessern.

In dem von Hochrieser mitgeteilten Fall bestand Seelentaubheit mit gleichzeitiger allgemeiner Taubheit, was diese Fälle von gewöhnlicher Taubheit unterscheidet.

In manchen Fällen wird die Worttaubheit nicht von Buchstabentaubheit begleitet, wie in dem von Ziehl erzählten Fall. In anderen Fällen ist beides, Wort- und Buchstabentaubheit, gleichzeitig vorhanden.

Abhängig ist dies wohl von der Ausgiebigkeit der Affektion, nicht von einer differenten Lagerung der Centra für Buchstaben und Worte.

In gewissen Fällen beobachtet man Taubheit nicht gegen einzelne Worte, sondern gegen ganze Sätze und überhaupt gegen zusammenhängendes Sprechen (Henneberg).

Mills[2]) fand in einem Fall von angeborener Taubstummheit bei der Sektion doppelseitige Atrophie der beiden Schläfenwindungen.

Einen analogen Fall hat vorher Broadbent berichtet.[3])

Ich kann zu diesen Beobachtungen einen eigenen Fall von Taubstummheit hinzufügen, welche seit früher Kindheit bestand; man fand bei der Sektion bilaterale Atrophie der Schläfenwindungen in beträchtlicher Ausdehnung.

Hinsichtlich der unilateralen Affektionen verdient Beachtung der von Kaufmann aus Kussmaul's Klinik mitgeteilte Fall, in welchem linksseitige Hemiplegie und totale Taubheit des linken Ohres beobachtet wurde. Bei der Sektion fand sich Obliteration des Hauptstammes der Arteria fossae Sylvii; affiziert waren große Strecken der rechten Hemisphäre einschießlich der gesamten rechten oberen Schläfenwindung und des darunterliegenden Stabkranzes. Der linke Nervus acusticus und der periphere Gehörapparat erwiesen sich als normal.

Es finden sich in der Literatur noch andere Fälle, so z. B. der von Kussmaul und Hutin mitgeteilte Fall, wo infolge ausgedehnter Affektionen des Gehirns im Bereiche des Schläfenlappens gekreuzte Taubheit bestand. Meine eigenen Erfahrungen sprechen übrigens eher für das Bestehen einer unvollständigen Kreuzung der Gehörnervenfasern beim Menschen. Denn in Fällen von sensorischer Aphasie war in einigen meiner Beobachtungen eine Abnahme des Hörvermögens auf beiden Seiten zu konstatieren, stets aber war die Hörschwäche auf der der Erkrankung entgegengesetzten Seite am erheblichsten.

[1]) Mills, Neurolog. Centralbl. 1895, Nr. 5.
[2]) Mills, Univ. med. Magaz., Nov. 1889.
[3]) Broadbent, Journ. of Anat. 1870.

Hier soll noch erwähnt werden, daß in den Versuchen v. Monakow's[1]) die Zerstörung der ersten Schläfenwindung zur Degeneration des Corpus geniculatum internum, also einer primären Endstätte des Acusticus, geführt hat.

3. Das kortikale Musikcentrum.

Mit Rücksicht auf pathologische Erfahrungen ist man berechtigt, im Schläfenlappen eigentlich zwei selbständige Centra anzunehmen. Das eine Centrum, im Gyrus temporalis superior mehr nach vorn belegen, dient zur Perzeption von Tönen; dies ist das sog. Musikcentrum, welches dem Toncentrum der höheren Säugetiere entspricht. Das andere Centrum ist speziell mit der Perzeption der menschlichen Sprache betraut. Es ist das sog. Wernicke'sche Centrum[2]), belegen in der linken Hemisphäre im hinteren Abschnitt der ersten Schläfenwindung und anscheinend auch bei einigen Tieren (Hund) in rudimentärer Ausbildung vorhanden.

a) Physiologisches Verhalten.

Bekanntlich ist die Fähigkeit des Gesanges und überhaupt des Ausdruckes musikalischer Empfindungen bis zu einem gewissen Grade von der Wortsprache unabhängig. Kinder können bereits singen, wenn sie noch der artikulierten Sprache entbehren. Das Singen ohne Worte, die Hervorbringung einer Melodie oder die Phonation hängt ab von der Tätigkeit der Kehlkopf- oder Atemmuskulatur; die Artikulation oder die Hervorbringung von Worten kommt zu Stande durch Phonation bei gleichzeitiger Tätigkeit der Zungen-, Mund- und Gaumenmuskeln. Demnach ist Phonation eine einfache, primitivere Funktion im Vergleich zu der komplizierteren Artikulation. Das Geheul des Hundes würde der Phonation, das Bellen, Winseln, Knurren der Artikulation entsprechen. Seine dem Sprachcentrum entsprechende Rindenpartie befindet sich in rudimentärer Anlage; seine Phonationscentra sind besser ausgebildet, etwa wie beim Kinde und Idioten (Wildermuth, Legge, Heland). Durch Sektionsbefunde an Aphasischen und Idioten, ist durch diese Autoren, sowie durch Oppenheim, Knoblauch, Brazier, Wallaschek und Edgren gegenwärtig sicher festgestellt, daß das Musikvermögen eine primitive Eigenschaft, die Sprache eine kompliziertere Funktion darstellt, welche in der Kindheit durch lange Übung und Nachahmung erworben wird, wie dies auch Wernicke, Kussmaul und Preyer zugestehen.[3])

Dazu stimmt durchaus die Tatsache, daß ein gewisses musikalisches Gefühl unzweifelhaft den Vögeln, sowie einigen Säugetieren zukommt, während das Sprachverständnis den Vögeln und niederen Säugern noch ganz abgeht, den höheren Säugetieren durch Dressur in einem beschränkten Maße zugänglich werden kann. Andererseits können Aphasische zuweilen vorzüglich singen und beten, ohne einen artikulierten Ton

[1]) v. Monakow, Archiv. f. Psych., Bd. 27, S. 428.
[2]) C. Wernicke, Der aphasische Symptomenkomplex 1874, S. 36.
[3]) Larionov, Dissert., St. Petersburg 1898, S. 344.

hervorbringen zu können. Nicht selten besteht bei Aphasie voller Verlust der Sprache; in einzelnen Fällen jedoch vermögen Aphasiker, unfähig jeder Sprachhervorbringung und des Sprachverständnisses, Worte beim Singen ganz korrekt auszusprechen; für sich, ohne Gesang, sind sie dagegen nicht im Stande, diese Worte zu wiederholen. Dies erklärt sich wohl durch das Bestehen besonderer Verbindungen zwischen dem Ton- oder Musikcentrum einerseits und dem Kehlkopf- und Sprachcentrum in der dritten Stirnwindung andererseits. Es kommen aber auch Fälle von Aphasie vor, wo neben Verlust des Sprachvermögens auch das Verständnis einer musikalischen Melodie und das Vermögen, diese durch die Stimme auszudrücken, untergegangen ist. Ich verweise in dieser Beziehung auf die Arbeiten von Charcot[1]), Stumpf[2]), Grasset[3]), Ballet[4]), Proust, Lichtheim, Kast, Oppenheim[5]), Brazier, Kussmaul[6]), Wildermuth[7]), Knoblauch[8]), Falret[9]), Edgren.[10])

In einzelnen Fällen ist sogar Verlust des Musiksinnes bei erhaltener Wortsprache beobachtet worden.

Ich selbst habe ebenfalls mehrfach kranke Aphasiker beobachtet, die die Sprache verloren hatten, aber nichtsdestoweniger ausgezeichnet singen konnten. Ein Aphasiker meiner Klinik sang ein ganzes Kirchenlied, einzeln jedoch konnte er daraus nicht ein einziges Wort aussprechen. Ein anderer Aphasiker sang eine ganze Anzahl Lieder, darunter die Nationalhymne, und doch war er wortstumm und konnte Worte nicht als solche wiederholen; er war sehr musikverständig und strich die Violine. Ein weiterer Aphasischer wiederholte gewisse Worte, doch konnte er Gehörtes nicht nachsprechen; er war dabei im Stande, Melodien zu singen.

Ein 7jähriger Knabe hatte in frühester Kindheit einen Eklampsieanfall durchgemacht und litt dann längere Zeit an Intermittens. Er hatte dabei die artikulierte Sprache verloren, sang aber sein Gebet ohne Schwierigkeiten.

Die Tatsache, daß bei Kindern zuerst der Musiksinn, und später erst das Sprachvermögen sich ausbildet, spricht ebenfalls für die Existenz besonderer Ton- und Wortcentra.

Man hat die vorhin erwähnten Beobachtungen an Aphasischen in sehr verschiedener Weise zu erklären versucht.

Falret z. B. nahm an, daß es sich in den erwähnten Fällen um irgend einen Defekt des Gedächtnisses handelt, da es nicht selten auch bei Gesunden vorkommt, daß sie sich der Worte eines Liedes nicht entsinnen können, ehe man dasselbe anstimmt.

Andererseits vertreten Gowers und Hughlings Jackson die Meinung,

---

1) Bernard, De l'aphasie et de ses diverses formes. Thèse de Paris 1885.
2) Ribot, Die Krankheiten des Gedächtnisses.
3) Grasset, Montpellier méd. 1878.
4) Ballet, De languagc intérieur etc. Paris 1886.
5) Oppenheim, Über das Verhalten der musikalischen Ausdrucksbewegungen. Charité-Analen 1888.
6) Kussmaul, Die Störungen der Sprache 1877.
7) Wildermuth, Untersuchungen über den Musiksinn der Idioten. Allg. Zeitschr. f. Psych. 1889.
8) Knoblauch, Brain 1890, Bd. 13.
9) Falret, Dict. encycl. des sciences méd. 1876, Vol. 5, S. 620. Art. Aphasie.
10) Edgren, Amusie. Deutsche Zeitschr. f. Nervenheilk. 1894.

das automatische Wiederholen von Wörtern beim Singen sei, da die Sprache als Funktion bestimmter Teile der linken Hemisphäre auftritt, bedingt durch Fähigkeit der rechten Hemisphäre. Dieser Erklärung widerspricht indessen der Umstand, daß die Sprache in anderen Fällen bei Affektion der linken Hemisphäre vollkommen verloren geht und eine Hervorbringung von Worten selbst beim Singen nicht mehr stattfindet.

Um diesen Einwand zu beseitigen, wäre man genötigt, anzunehmen, daß bezüglich der Ausbildung der Gehörcentra und der Sprachcentra erhebliche individuelle Variationen obwalten und daß in manchen Fällen die rechte Hemisphäre das automatische Sprechen beim Singen ermöglicht, während in anderen Fällen das gesamte Sprachvermögen fast ausschließlich an die linke Hemisphäre gebunden ist.

In diesem Fall aber ist schwer zu erklären, wie der Zusammenhang zwischen Musik und Sprache zu Stande kommt und welche Leitungsbahnen der rechten Hemisphäre zum gesanglichen Hervorbringen der Worte dienen.

Außerdem wird im Folgenden gezeigt werden, daß auch die Sektionsbefunde mit dieser Auffassungsweise nicht im Einklang stehen.

Einige Autoren vertreten in Übereinstimmung mit der Hypothese von Mach, Stricker, Hensen, Pockenpohl und Pollak, daß die musikalischen Vorstellungen in Abhängigkeit stehen von den Bewegungen der Kehlkopf- und Stimmbandmuskeln, sowie der Lippen, der Zunge und des Tensor tympani, welcher bei manchen Personen bekanntlich sogar dem Willenseinflusse unterworfen ist.

Im Hinblicke hierauf neigt Frankl-Hochwart[1]) zu der Ansicht, daß es sich in Fällen von Sprachverlust bei Erhaltung des Musiksinnes handeln möchte um eine Reproduktion musikalischer Vorstellungen vermittelst Ohrvorstellungen oder nach Stricker vermittelst des Tensor tympani. Bei Musikern spielen wahrscheinlich auch die Kontraktionen der Handmuskeln eine Rolle bei der Ausbildung der musikalischen Vorstellungen.

Aber die Lehre von der Abhängigkeit der Gehörsvorstellungen von den Kehlkopfbewegungen wird durch die pathologischen Erfahrungen nicht gestützt. Zwar hat Goltz durch Versuche an Hunden nachgewiesen, daß beim Anklingen eines Tones Bewegungen des Tensor tympani auftreten. Aber Welloschek macht in dieser Beziehung mit Recht die Bemerkung, daß es sich in diesen Versuchen im Grunde um Tonvorstellungen handelt, nicht aber um Musik oder um musikalische Vorstellungen.

Ferner suchte Pollak[2]) experimentell darzutun, daß die Bewegungen des Tensor tympani nicht Folge sind von Tonwellen, sondern bedingt sein sollen durch Einfluß des Centralnervensystems. Denn dieser Muskel reagiert nur in dem Fall, wenn der nervöse Gehörapparat erhalten ist.

Falls jedoch die obige Erklärung richtig ist, dann müßte für Aphasische mit Erhaltung des Musiksinnes nicht nur angenommen

---

[1]) Frankl-Hochwart, Deutsche Zeitschr. f. Nervenheilk. 1891, Bd. 1.

[2]) Pollak, Über die Funktionen des Musculus tensor tympani. Mediz. Jahrb. 1886.

werden, daß sie bei der Tonproduktion sich durch die Kontraktionen des Tensor tympani leiten lassen, sondern auch, daß im Gehirn besondere, von den Centren der Wortperzeption getrennte Centra der Musikvorstellungen existieren.

Pollak ist der Meinung, der gesamte musikalische Prozeß sei ein ausschließlich intellektueller. Der Eine ruft in seiner Vorstellung unwillkürlich Musikstücke mit optischen Bildern hervor, der Andere mit einer Tonvorstellung, der Dritte mit einer Kombination von Tönen, der Vierte mit motorischen Vorstellungen.

Eine Dame stellte sich während eines Musikvortrages Landschaften, Wasseroberflächen, Felsen, Schlösser usw. vor. Anderen verknüpft sich Musik mit Tonvorstellungen; sie hören Windesgeheul, Donnerrollen usw.

Wem Musik sich als Kombination von Tönen darstellt, der vollführt im Grunde ein intellektuelles Spiel verschiedener Töne.

Manche Personen endlich verknüpfen Musik mit motorischen Vorstellungen, z. B. mit Instrumentalspiel, oder mit rhythmischen Bewegungen (Tanz, Gesten, Worte).

Es müssen also nach dieser Auffassung bezüglich des musikalischen Gefühls Assoziationen eine große Rolle spielen.

Alle diese Variationen haben in psychologischer Beziehung ein hervorragendes Interesse. Sie liefern jedoch keine Erklärung für die verschiedenen Formen der musikalischen Aphasie. Dazu bedarf es des Nachweises, daß bei einer bestimmten Amusieform immer ein bestimmter Typus vorliegt. Dieser Beweis ist aber bisher nicht erbracht worden.

Nach der Ansicht von Ballet hat sich das musikalische Gedächtnis früher als das Wortgedächtnis ausgebildet. Er bezieht sich auf eine Angabe Ribots, wonach das Gedächtnis überhaupt durch sukzessive Ablagerung älterer und frischer Eindrücke entsteht und bei Gedächtnisschwäche zuerst die späteren Eindrücke sich verwischen. Daraufhin nimmt Ballet an, daß das musikalische Gedächtnis nie früher als das Wortgedächtnis verloren gehen kann.

Alle diese Voraussetzungen stehen aber in Widerspruch mit der direkten Beobachtung. Bei dem Sänger Barré z. B. entwickelte sich plötzlich totale Amusie; er konnte nicht nur keine Note hervorbringen, sondern begriff auch nicht, was Andere sangen, während er Gesprochenes richtig verstand und auch selbst regelrecht sprechen konnte.

Fast der gleiche Fall liegt bei dem Klavierspieler Prudent vor, welcher plötzlich während eines Konzertes sein musikalisches Gedächtnis verlor. Seitdem verstand er keine einzige Melodie, Orchestermusik erschien ihm wie ein wirrer Lärm; ein Stück zu spielen war er selbst unfähig, noch auch vermochte er nach Noten zu singen. Dennoch bestand Aphasie bei ihm nicht. Später genas er fast ganz, spielte aber stets nur nach der Partitur.

Bemerkenswert erscheint hier auch die Beobachtung Carpenters an einem Kinde, welches nach einer Kopfverletzung drei Tage bewußtlos war, worauf es alle musikalischen Kenntnisse verlor; für alles andere jedoch war sein Gedächtnis vollkommen erhalten.

Die Wortamnesie entwickelt sich vom Speziellen zum Allgemeinen. Ganz zuerst gehen daher konkrete Worte, die Namen von Personen oder eines bestimmten Sachkreises (Eigennamen, technische Ausdrücke)

verloren, späterhin erlöschen die Hauptwörter, während die Adverbien, Pronomina und zum Teil die Verba als Grundlage der Sprache bestehen bleiben. Ganz zuletzt versagt das Mienenspiel als primitive Form der Sprache.

Dieses Gesetz hat nach BRAZIER auch für die Musik Geltung. Die Noten sind konkrete Begriffe, ähnlich den Hauptwörtern und Eigennamen. Die Einteilung der Noten nach dem Zeitmaße entspricht den Adjektiven. Obwohl die qualitative und quantitativ-zeitliche Schätzung der Noten sich zu einem einzigen Symbol vereinigt, aber im Gehirn erfolgt eine getrennte Schätzung derselben, welche unter normalen Verhältnissen gewöhnlich gleichzeitig sich vollzieht, im pathologischen Zustande aber kann eine Trennung beider Prozesse vor sich gehen.

In diesem Fall muß nach dem RIBOT'schen Gesetz zuerst die konkrete oder Tonschätzung der Noten verloren gehen, später die allgemeine, also zeitliche Schätzung, zuletzt der abstrakte Notenbegriff. Bei der Wiederkehr normaler Zustände rehabilitiert sich zuerst die allgemeine, demnächst die spezielle Schätzung.

Diese Bemerkungen haben, so interessant sie sind, nur für die detaillierte Würdigung der Störungen des Musiksinnes Bedeutung, so z. B. in Fällen von allgemeinem Herabgehen des Intellektes, bei bestimmten Formen des Schwachsinnes, nicht aber für das Verständnis jener Störungen des Musiksinnes, welche man bei der sog. Amusie[1]) beobachtet.

Geht man von den klinischen Erscheinungen der musikalischen Aphasie oder Amusie aus, so hat man eigentlich mehrere Formen dieser Störungen zu unterscheiden, welche analogen Typen der Wortaphasie vollkommen entsprechen.

Wir können hier unterscheiden:

1. Tontaubheit,
2. Notenblindheit oder musikalische Alexie,
3. motorische oder expressive Amusie, welche ihrerseits wieder in vokale und instrumentale Amusie zerfällt; endlich
4. musikalische Agraphie.

Diese verschiedenen Formen der Amusie sind offenbar von Erkrankungen entsprechender Centralgebiete abhängig, welche getrennt von den Sprachcentren, wenn auch ihnen benachbart liegen; Affektionen der Assoziationsbahnen, welche die verschiedenen Rindencentren miteinander verbinden, spielen hier ebenfalls eine Rolle.

Man muß dem Gesagten zufolge in der Gehirnrinde des Menschen zwei besondere Centren unterscheiden, nämlich

1. ein Tonperzeptions- oder Musikcentrum, und
2. ein Wortperzeptions- oder Verbalcentrum.

Das erste Centrum findet sich im vorderen Teil der ersten Schläfenwindung, das zweite im hinteren Abschnitt der ersten Schläfenwindung. Wie es ein motorisches Centrum der Wortaussprache im hinteren Teil der BROCA'schen Wendung gibt, besteht in der Rinde auch ein Kehlkopf- oder Stimmcentrum, welches, wie schon früher erwähnt, beim Liegen in Aktion tritt. Alle diese Centra, mit Ausnahme des bilateral angelegten Kehlkopfcentrums, entwickeln sich bei den meisten Menschen

---

[1]) Vgl. LARIONOV, a. a. O.

in der linken Gehirnhemisphäre. Sie hängen sowohl untereinander zusammen, als auch mit dem Centrum der optischen Vorstellungen und der motorischen Vorstellungen für Töne, sowie mit dem Gedächtniscentrum. Eine Störung des Zusammenhanges des Musikcentrums mit dem Sehcentrum vermag uns die Entstehung der Notenblindheit zu erklären. Eine Störung der Verbindungen zwischen Musikcentrum und motorischem Handcentrum erklärt uns die Notenaphasie, und eine Aufhebung des Zusammenhanges zwischen Musikcentrum und dem musikalischen Vorstellungscentrum liefert eine Erklärung für das Auftreten musikalischer transkortikaler Aphasie, jenes Zustandes, wo die Kranken zwar die Töne hören, aber ihre Melodie nicht wahrnehmen.

b) Pathologisch-anatomische Verhältnisse.

Die Existenz eines selbständigen, von dem Sprachcentrum getrennten Musikcentrums wird nicht nur durch klinische Fälle von Aphasie ohne Amusie und umgekehrt von Amusie ohne Aphasie, sondern auch durch pathologisch-anatomische Sektionsbefunde bewiesen.

So fand man in den Fällen von motorischer Aphasie und Amusie, welche Oppenheim und Bernard schildern, eine Affektion des hinteren Abschnittes der dritten linken Stirnwindung.

In Oppenheim's Fall von motorischer Aphasie und Amusie mit Wort- und Tontaubheit stieß man bei der Sektion auf einen Erweichungsherd im Gebiete der zweiten und dritten Stirnwindung und des angrenzenden Teiles der Schläfenwindungen.

In Dejerines Fall von Wort- und Notenblindheit fand man bei der Obduktion eine Erweichung des Optikusgebietes in der Rinde des Hinterhaupt- und Scheitellappens, sowie Atrophie der Gratiolet'schen Sehstrahlung.

Die Literatur kennt ferner Fälle von Tontaubheit oder sensibler Amusie mit Sektionsbefund. Eine solche Beobachtung ist von Bernard mitgeteilt worden.

In diesem Fall war in der linken Hemisphäre der mittlere und hintere Teil der dritten Stirnwindung, die ganze Insel, die ganze erste Schläfenwindung, sowie ein kleiner Teil des unteren Scheitellappens mit einem Teil der subkortikalen Ganglien zerstört.

Zu bemerken ist, daß in diesem Fall außer sensibler Aphasie anfangs auch motorische Aphasie und Worttaubheit bestand, welch' letztere Erscheinungen aber bald vergingen, woraus folgt, daß die entsprechenden Centra im hinteren Abschnitt der dritten Stirnwindung und im hinteren Abschnitt der oberen Temporalwindung wahrscheinlich in geringem Grade affiziert waren, als das musikalische Perzeptionscentrum, welches auf Grund der Tierversuche im vorderen Teil der ersten Schläfenwindung, sowie vielleicht auch im hinteren Teil der Insel, welche den Gyrus angularis des Hundes in sich birgt, zu lokalisieren ist.

Weitaus am wichtigsten und interessantesten für die Frage der Lokalisation des Ton- oder Musikcentrums ist der von Edgren mitgeteilte Fall, den ich hier daher in kurzem Auszug referieren will.

Der 39 Jahre alte Patient bekam nach einem Fall auf den Kopf plötzlich Wort- und Tontaubheit mit Paraphasie. Er verwechselte

Silben, konnte Worte nicht nachsprechen, verstand sie nicht, konnte laut lesen, aber mit Silbenverwechselung, zeigte also die Erscheinungen der Paralexie; er las glatt und schrieb fast fehlerfrei, verwechselte nur manchmal die Worte; das Musikverständnis war ganz erloschen, Orchestermusik kam ihm wie ein unbestimmtes Geräusch vor. Der Patient zeigte ferner ausgesprochene psychische Verwirrtheit und eine geringgradige Abschwächung des Gehörs auf beiden Seiten.

Nach einem Monat war der Kranke fast vollständig geheilt und wurde entlassen. Es bestand weder Verwirrtheit, noch Gedächtnisstörung, noch Worttaubheit; nur eine leichte Paraphasie war bei dem Kranken noch zu bemerken. Nach Verlassen des Krankenhauses bemerkte Patient, der früher Mitglied eines Gesangvereins war, daß er Töne nicht unterschied, obwohl er früher ein gutes Gehör besaß. Statt Orchestermusik hörte er jetzt nur ein unbestimmtes Geräusch und vermochte keine Melodie zu unterscheiden. Sang Patient selbst, dann fiel er sehr bald aus der Melodie, da er seinen eigenen Gesang nicht verstand.

Drei Jahre später trat Patient wieder in das Krankenhaus ein wegen Purpura haemorrhagica. Er hatte jetzt weder motorische, noch sensible Aphasie. Er las und schrieb geläufig. Die Tonaphasie war aber nach wie vor vorhanden.

Rechts hörte Patient das Ticken der Uhr auf 7 cm, links auf 12 cm. Die Knochenleitung fehlte. Patient zeigte Erscheinungen von Parästhesie der Beine. Im Harn Eiweiß und hyaline Zylinder.

Zwei Monate später starb Patient an Erscheinungen von Nierenentzündung.

Die Obduktion entdeckte am Gehirn eine Zerstörung der zwei vorderen Drittel der ersten linken Schläfenwindung (in einer Länge von 5 cm und einer Breite von 3 cm), sowie der vorderen Hälfte der linken zweiten Schläfenwindung. Rechterseits fand man eine Zerstörung der oberen und äußeren Oberfläche der hinteren Hälfte der ersten Temporalwindung und des unteren Randes des Gyrus supramarginalis in einer Ausdehnung von 6 cm.

Ebenso zeigen die Ausführungen von Probst[1]), welche auf einer Analyse aller bisher vorliegenden Fälle von Tontaubheit und eines eigenen hierhergehörigen Falles beruhen, daß der Verlust der Melodieperzeption bei Erhaltung des Singvermögens, der Fähigkeit zur Instrumentalmusik und zum Notenlesen zu beobachten ist bei Läsionen des vorderen Abschnittes der ersten Schläfenwindung auf beiden, hauptsächlich aber auf der linken Seite.

In 22 Aphasiefällen ohne Schädigung des Musiksinnes waren diese Windungsbezirke stets intakt, namentlich linkerseits. Probst ist jedoch der Meinung, daß die Lokalisation des Musiksinnes im einzelnen Fall schwanken kann. In der Mehrzahl der Fälle handelt es sich um den vorderen Abschnitt der ersten Schläfenwindung linkerseits, in einer Minderzahl von Fällen um das gleiche Rindenfeld der rechten Hemisphäre, je nachdem, ob es sich um Rechts- oder Linkshänder handelt.

Auf Grund der vorhandenen Sektionsbefunde bestätigt Probst die Analogie zwischen den verschiedenen Formen der Amusie und Aphasie.

---

[1]) Probst, Über die Lokalisation des Tonvermögens. Arch. f. Psych. 1899, Heft 2.

Er betont die klinische Selbständigkeit der verschiedenen Amusieformen, welche mit Aphasie verlaufen, aber auch von Aphasie unbegleitet sein können. Die allerwahrscheinlichste Lokalisation für die Tontaubheit oder sensible Amusie ist, wie PROBST schließt, in der ersten oder in beiden oberen Schläfenwindungen der linken Hemisphäre nach vorn von der Gegend, deren Läsion Worttaubheit bewirkt.

Dieser Schluß steht wohl in bester Übereinstimmung mit dem Ergebnis des Tierversuches.

Auch die in meinem Laboratorium durch Dr. LARIONOV ausgeführten Untersuchungen kommen, mit Rücksicht auf die Analogie der klinischen Erfahrung mit dem Ergebnisse des Tierexperimentes, zu dem Ergebnis, daß das Tonperzeptionscentrum beim Menschen sich in der vorderen Hälfte der zweiten und in den vorderen zwei Dritteln der ersten Schläfenwindung beider Hemisphären befindet. Die oberen Töne der Tonleiter finden sich dabei wahrscheinlich im unteren Teil der Insel, welcher dem Gyrus angularis des Hundegehirns entspricht.

Was die Centra des Musikverständnisses betrifft, so muß man in Übereinstimmung mit dem KNOBLAUCH'schen Schema und den herrschenden Ansichten über Amusie und Aphasie jetzt annehmen, daß solche Centra höchstwahrscheinlich im hinteren Assoziationscentrum FLECHSIG's vorhanden sein müssen, und zwar in der Gegend der hinteren Hälfte der zweiten und in der dritten Schläfenwindung, wo nach BATEMAN auch das Wortgedächtnis seine Lokalisation findet.

Auch nach den Angaben von PROBST sind besondere Centra für die Tonperzeption und Centra für das Melodieverständnis zu unterscheiden.

Wo letztere liegen, ist nicht näher ermittelt, man muß aber, sofern eine Analogie mit der Sprache (Centrum der Wortperzeption oder WERNICKE'sches Centrum und Centrum des Sprachverständnisses) vorliegt (darüber weiter unten), annehmen, daß in der Nähe des letzteren ein Centrum des Musikverständnisses lokalisiert sein muß. Die Anschauungen gehen in dieser Beziehung jedoch noch auseinander. Manche nehmen mit v. MONAKOV an, daß die rechte Gehörsphäre hauptsächlich zur Perzeption der Töne, die linke zur Analyse zusammengesetzter musikalischer Töne dienen möchte.

4. Das akustische Wortcentrum.

Außer dem Ton- oder Musikcentrum gibt es in der Rinde des menschlichen Gehirns noch ein besonderes, ihm benachbart liegendes Wortcentrum, nämlich ein Centrum zur Perzeption der Worte, als Töne, welche teils aus Geräuschen, teils aus Tönen von bestimmter Höhe bestehen.

Die Existenz dieses Centrums, in welchem der Gedanke sich in Worte kleidet und welchem daher eine ganz spezielle durch die Ausbildung der menschlichen Sprache bedingte Bedeutung zukommt, ergibt sich aus Beobachtungen über sog. Worttaubheit, wobei die Worte nicht als solche gehört und daher auch nicht nachgesprochen werden können. Ein solcher Kranker hat selbstverständlich auch kein Verständnis für die menschliche Sprache, wiewohl er Töne vollkommen

richtig zu hören vermag. Als Beispiel dafür kann uns eine von Exner's Beobachtungen dienen, deren Zahl jedoch noch um viele andere vermehrt werden könnte. Es handelte sich um eine Kranke mit gutem Gehör, welche Glockengeläute, das Ticken der Uhr, das Zuschlagen der Tür genau hörte, die aber nicht ein einziges Wort verstehen konnte. Später, als sie bereits gesund war, erzählte sie, daß die vorgesprochenen Worte ihr wie ein gemischtes Geräusch erschienen. Man muß diesen Zustand wohl unterscheiden von einem anderen Zustand, mit welchem er früher gewöhnlich verwechselt wurde, wobei die Kranken Worte hören und sie automatisch nachsprechen können, aber ihren Sinn nicht verstehen. Man bezeichnet diesen Zustand als transkortikale sensible Aphasie; er ist bedingt durch Störung des Zusammenhanges zwischen dem kortikalen Wortcentrum und jenen Rindengebieten, wo die Worte als Töne mit bestimmten Gegenständen und Begriffen in Assoziation treten. Von diesen Rindenregionen, welche offenbar zum Bestande des hinteren Flechsig'schen Assoziationscentrums gehören, wird später ausführlicher die Rede sein. Hier sei jedoch bemerkt, daß aus den bisher vorliegenden pathologisch-anatomischen Befunden sich mit Sicherheit schließen läßt, daß das Wortperzeptions- oder Wernicke'sche Centrum, dessen Zerstörung zur Worttaubheit führt, in der hinteren Hälfte bezw. im hinteren Drittel der oberen Schläfenwindung der linken Hemisphäre zu lokalisieren ist.

Wernicke hat zuerst auf Grund der von ihm gewonnenen Sektionsbefunde die Lokalisation dieses Centrums im hinteren Teil der ersten Schläfenwindung und im angrenzenden Stück der zweiten Schläfenwindung der linken Hemisphäre genauer ermittelt.[1]) Man hat seitdem mehrfach Fälle von Worttaubheit oder sensibler Aphasie mit ähnlicher Lokalisation in der Literatur beschrieben.

Zu bemerken ist übrigens, daß Wernicke das von ihm entdeckte Centrum mit Unrecht als Centrum der Tonerinnerungsbilder auffaßt. Denn im wesentlichen funktioniert dasselbe als Wortperzeptionscentrum.

Kahler und Pick kommen auf Grund der Analyse fremder und eigener Fälle von Worttaubheit zu dem Schluß, daß Affektionen der ersten und zweiten Schläfenwindung der linken Hemisphäre den Verlust des Sprachhörvermögens und Unfähigkeit des Sprachverständnisses, ja sogar Erscheinungen von Schwachsinn nach sich ziehen können. Auffallend tiefer Schwachsinn entsteht bei Erkrankungen beider Schläfenlappen.[2])

In der Arbeit von Luciani und Sepilli findet man 20 Fälle von Worttaubheit mit Sektionsbefund zusammengestellt, in welchen Affektionen der Schläfenwindung und zwar vorzugsweise der ersten und zweiten, angetroffen wurden.

In mehreren Fällen waren sämtliche drei Temporalwindungen affiziert. Bald waren die hinteren Teile dieser Windungen ergriffen, bald ihre Gesamtausdehnung. In zehn Fällen hatte gleichzeitig die erste und zweite Schläfenwindung gelitten; in sieben Fällen nur die erste

---

[1]) C. Wernicke, Der aphasische Symptomenkomplex 1874. — Lehrbuch der Gehirnkrankheiten 1887.

[2]) Kahler und Pick, Prager Vierteljahrsschr., Bd. 141 u. 142. — Beiträge zur Pathologie und pathol. Anat. d. Centralnervensystems, Leipzig 1879.

Schläfenwindung allein, davon in drei Fällen die hintere Hälfte dieses Gyrus.

Ewens sammelte 25 Fälle von Worttaubheit mit Lokalisation der Affektion im Bereiche der ersten Schläfenwindung.

In der Arbeit Naunyn's[1]) findet man 71 Fälle von motorischer und sensibler Aphasie und nicht genauer definierten Aphasieformen zusammengestellt. Dabei stellte sich heraus, daß die Lokalisation des Leidens in Fällen bestehender Worttaubheit der hinteren Hälfte der ersten Schläfenwindung bezw. ihrem dritten und vierten Fünftel, von vorne gerechnet, entspricht.

Bei Exner[2]) sind 167 verschiedene Fälle von Gehirnaffektionen gesammelt. Die affizierten Rindenstellen sind dabei in ein Gehirnschema eingerechnet, welches in 366 Quadrate zerlegt wurde. Die am dunkelsten gehaltenen Felder stellen die entsprechenden Centra dar. Dem Ergebnis dieser Beobachtungen zufolge, geht das Sprachvermögen und Wortverständnis verloren bei Erkrankungen im Gebiete der dritten linken Stirnwindung und der ersten und zweiten linken Temporalwindung. Was die dritte linke Stirnwindung betrifft, so funktioniert dieselbe bekanntlich als Centrum der willkürlichen Sprache. Läsionen der ersten und zweiten Temporalwindung führen nach Exner's Meinung zur Entstehung von Worttaubheit.

Allen Starr[3]) gruppierte 50 Fälle von Worttaubheit nach der Lage der Affektion, wobei sich herausstellte, daß in allen mit Ausnahme von sieben Fällen die Schläfenwindungen ergriffen waren. In 38 Fällen war die erste Schläfenwindung erkrankt, in 24 Fällen die zweite Schläfenwindung, in drei Fällen die dritte Schläfenwindung. Die zweite und dritte Schläfenwindung hatten immer gleichzeitig mit der ersten gelitten mit Ausnahme eines Falles, wo die zweite Windung isoliert erkrankt war. In 7 Fällen fanden sich Affektionen des unteren Scheitellappens, des Gyrus supramarginalis, des Gyrus angularis, der Occipitalwindungen.

Da alle diese Rindengebiete in unmittelbarer Nachbarschaft der roten Schläfenwindung liegen, so liegt Grund zu der Annahme vor, daß es sich auch in diesen sieben Fällen um eine Beschädigung der subkortikalen Markfasern der ersten Schläfenwindung gehandelt haben möchte, was einer Erkrankung der grauen Rinde dieser Windnng gleichkommen würde.

Da während der willkürlichen Sprache ein gedankliches Anklingen der Worte im Gehörscentrum stattfindet, so kommen natürlich bei der Worttaubheit, die durch Läsionen des akustischen Wortcentrums bedingt wird, Sprechfehler und Wortverwechselungen vor, Erscheinungen, die als Paraphasie und Paralexie bekannt sind.

In anatomischer Beziehung schließen sich der ersten Temporalwindung die Gyri der hinteren Inselabteilung eng an. Wahrscheinlich ist auch physiologisch ein naher Zusammenhang vorhanden. Die hintere Inselwindung, welche nur ganz geringe Dimensionen aufweist, bildet nach

[1]) Naunyn, Verhandlungen des VI. Kongr. für innere Med. Wiesbaden, 13. April 1887.

[2]) Exner, Arch. f. Psych. 1889, Bd. 2.

[3]) A. Starr, Brain 1890.

Mills[1]) die Fortsetzung der hinteren verschmälerten Partie der oberen Schläfenwindung. Bei den Säugetieren, so z. B. beim Hunde, entspricht der Insel des Menschen und der Affen der sog. Gyrus sylviacus oder Gyrus angularis, welche an der Gehirnoberfläche hervortritt; der ersten Schläfenwindung des Menschen und der Affen entspricht der hintere Abschnitt des sog. Gyrus suprasylvius oder der dritten Primärwindung. Da andererseits der Gyrus angularis beim Hunde, wie aus Tierexperimenten hervorgeht, ebenfalls einen Teil des Gehörscentrums darstellt, so darf angenommen werden, daß auch die ihm entsprechenden Inselwindungen im Gehirn des Menschen und der Affen akustischen Funktionen dienen möchten. In der Tat gelangen einige Autoren wie Mills, Charlesk, Turner, Ferrier zu diesem Schluß. Auch gibt es klinische Erfahrungen, welche im positiven Sinn diese Annahme unterstützen. Besonders lehrreich erscheinen in dieser Beziehung die von Meynert[2]) und Sander[3]) mitgeteilten Untersuchungen.

Wie also beim Hunde das Gehörscentrum den sog. Gyrus sylviacus umfaßt, so dürften sich, wie man nach dem vorhergehenden mit Recht annehmen kann, auch beim Menschen, sowie bei den Affen die akustischen Rindengebiete nicht allein auf die erste Temporalwindung beschränken, sondern auch auf die angrenzenden Inselgebiete sich erstrecken.

In gutem Einklang damit stehen auch die neueren Ergebnisse von Flechsig, welche auf Grund von Untersuchungen nach der Entwicklungsmethode zu dem Schluß kommen, daß das Gehörcentrum beim Menschen sich über die erste Schläfenwindung hinaus auch auf die in der Tiefe der Fossa sylvii belegenen beiden Gyri temporales transversi erstreckt, welche eigentlich als Wurzeln der ersten Schläfenwindung sich darstellen und in diese unmittelbar übergehen. Nach Flechsig's Befunden enthält sowohl die erste quere Schläfenwindung, als auch der Gyrus temporalis superior selbst schon frühzeitig markhaltige Nervenfasern, um eine Zeit, wo weder das vordere Drittel, noch das hintere Fünftel der ersten Temporalwindung solche Fasern aufweisen.

Dr. Larionov sucht in einer aus meinem Laboratorium hervorgegangenen Arbeit mit Rücksicht auf die angegebenen Befunde, Edgren's Fälle von Amusie mit Sektionsbefunden und auf Grund eigener Experimente die Lagerung der Toncentra beim Menschen im hinteren Teil der Insel und in der vorderen Hälfte der ersten und zweiten Schläfenwindung schematisch darzustellen. Die Insel enthält nach seiner Meinung Centra für die Perzeption der hohen Töne, die erste Schläfenwindung solche für mittlere Töne, die zweite Schläfenwindung für niedere Töne.

Auf jeden Fall liegt der Hauptanteil des Hör- oder Musikcentrums beim Menschen meiner Ansicht nach im vorderen Teil der ersten Schläfenwindung, wahrscheinlich beiderseits, und besitzt eigene centripetale Leitungsbahnen, da es krankhafte Zustände gibt, wo zwar Worte gehört, musikalische Töne aber nicht wahrgenommen werden.

Was das Wernicke'sche Wortperzeptionscentrum betrifft, so lokalisiert Larionov dasselbe in der hinteren Hälfte der ersten Schläfenwindung, also im Lagerungsgebiet der mittleren Töne vorzugsweise der Sext b^1—g^2 der ein- und zweigestrichenen Oktave.

---

1) Mills, On the localisation of the auditory centre. Brain 1891.
2) Meynert, Wien. med. Jahrb. 1866, Bd. 12.
3) Sander, Arch. f. Psych. 1869, Bd. 2.

Es stimmen dazu auch die Untersuchungsbefunde BEZOLD's, aus denen hervorgeht, daß bei den Taubstummen gar nicht selten ein Ausfall der Perzeption für Töne der großen Sext b^1—g^2 zu konstatieren ist.[1])

Hervorgehoben sei endlich, daß das Wortcentrum sich bei der ungeheuren Mehrzahl der Individuen vorwiegend, wenn nicht ausschließlich in der linken Gehirnhemisphäre anlegt. wie ja auch das willkürliche Sprachcentrum in der linken dritten Stirnwindung zur Anlage kommt.

Dem entsprechend sind auch Erkrankungen des rechten Schläfenlappens gewöhnlich von Erscheinungen der Worttaubheit unbegleitet. Unter den vielen mitgeteilten Beobachtungen verdient nach dieser Richtung hin vor allem ein von EDINGER beschriebener Fall Beachtung [2]), wo infolge bestehenden Melanosarkoms der gesamte rechte Schläfenlappen und die Insel exstirpiert wurden, ohne daß irgend welche Ausfallserscheinungen zu bemerken waren. Insbesondere waren Sprache und Gehör des Kranken ohne Störungen. Bei der anatomischen Untersuchung des Falles fand man Degeneration der Fasern, welche zum Schläfen-, Scheitel- und Stirnlappen verlaufen, aber die Mächtigkeit aller dieser Bündel war keine große.

Die Lokalisation des akustischen Wortcentrums in der linken Hemisphäre steht wohl im Zusammenhang mit der Erscheinung, daß die motorischen Centra der linken Hemisphäre überhaupt besser ausgebildet sind, als die motorischen Centra der rechten Hemisphäre. Dies führt unter anderem bei den meisten Menschen zu einem Prävalieren der rechten Körperhälfte sowohl bezüglich der Stärke, als auch bezüglich der Ausbildung des Muskelsystems. Damit im Zusammenhang entwickelt sich bei Linkshändern das Centrum der Wortperzeption und das Sprachcentrum meist in der rechten, statt in der linken Hemisphäre, weshalb man in Fällen von Worttaubheit oder motorischer Aphasie bei Linkshändern die Affektion nicht an der linken, sondern an der rechten Hemisphäre antrifft. Diese Bemerkung hat volle Gültigkeit bezüglich des Wortcentrums. Was jedoch das Ton- oder Musikcentrum betrifft, so erhält dasselbe bei Tieren, so z. B. beim Hunde, eine bilaterale Ausbildung, wie aus den entsprechenden Experimentalbefunden hervorgeht. Für den Menschen ist es auf Grund der vorhandenen Beobachtungen noch nicht möglich, mit Sicherheit zu sagen, ob die Tonperzeption bei ihm ausschließlich in der linken Hemisphäre stattfindet oder ob diese Funktion zum Teil auch der rechten Gehirnhemisphäre zufällt.

Das häufige Zusammentreffen von Tontaubheit mit Wortaphasie spricht offenbar dafür, daß dieses Centrum beim Menschen besonders gut in der linken Hemisphäre ausgebildet ist. Aber in dem bekannten, von EDGREN mitgeteilten Falle von Tontaubheit fand sich die Gegend des Gehörcentrums nicht nur links, sondern auch rechts affiziert.

Freilich saß in einem anderen Fall von Tontaubheit und Aphasie, welchen BERNARD beschrieb, die Affektion in der linken Hirnhemisphäre.

Wenn sich wirklich bestätigen sollte, daß das Toncentrum beim Menschen vorwiegend oder ausschließlich an den linksseitigen Schläfen-

---

[1]) LARIONOV, Dissert., St. Petersburg 1898.

[2]) L. EDINGER, Geschichte eines Patienten etc. Arch. f. klin. Med. 1902, Bd. 73.

lappen gebunden ist, wie dies in dieser Beziehung in der Tat EDGREN's Meinung ist, dann würde der linke Schläfenlappen beim Menschen vorwiegend oder ganz im Dienste des qualitativen Hörens stehen; dem rechten Schläfenlappen würde nur die allgemeine Perzeption der Töne zufallen, also z. B. der Geräusche und einfachen Töne, welche wahrscheinlich sowohl von der rechten, als auch von der linken Hemisphäre aufgenommen werden. Wenigstens hebt die Zerstörung der akustischen Centra der linken Seite nicht die Perzeption der Geräusche auf und führt überhaupt nicht zu totaler Taubheit, welche, wie wir sehen werden, nur im Falle doppelseitiger Erkrankung des Schläfenlappens eintritt.

Bezüglich der vorhin aufgeführten Beobachtungen ist ergänzend zu bemerken, daß in Fällen, wenn ein pathologischer Herd im Bereiche der ersten Schläfenwindung zu einer Reizung des Hirngewebes geführt hat, wie z. B. dies bei Tumoren dieser Region vorkommt, bei den Kranken bestimmte subjektive Gehörsempfindungen auftreten. Hierher gehören die Beobachtungen von GOWERS, MENNET u. A.

Infolge mangelhafter Ausbildung und Atrophie der Ohrmuskeln beim Menschen kann in solchen Fällen natürlich von irgendwelchen Bewegungen der Ohrmuschel nicht die Rede sein, wie dies bei Tieren mit gut entwickelter und beweglicher Ohrmuschel wohl der Fall ist, wo Reizungen im Gebiete der Gehörcentra stets deutliche Ohrbewegungen zur Folge haben.

Man hat also in der Gehörregion des Menschen, wie sich aus dem Dargelegten ergibt, zu unterscheiden:

1. Centra für die akustische Perzeption der Töne und Geräusche, und

2. Spezielle Centra für die Perzeption in der Sprache (Wortcentra), welche bei den meisten Menschen an die linke, bei der Minderzahl an die rechte Gehirnhemisphäre gebunden sind.

Das Wortcentrum hat seine Lage in der hinteren Hälfte der ersten Schläfenwindung, das Toncentrum dagegen ist in der vorderen Hälfte dieser Windung lokalisiert.

Außer diesen Centren der Ton- und Wortperzeption gibt es in deren Nachbarschaft unzweifelhaft Rindenfelder, in welchen die Produkte der Gehörsperzeption in Gestalt von Spuren oder Abdrücken deponiert werden.

Freilich erscheint das Gebiet der akustischen Erinnerungsbilder beim Menschen noch nicht hinreichend scharf abgegrenzt. Vieles spricht aber dafür, daß die Region der akustischen Vorstellungen in der zweiten und dritten Schläfenwindung lokalisiert ist. Möglicherweise erfüllen auch die basalen Teile des Schläfenlappens analoge Aufgaben.

Die klinische Beobachtung lehrt in positiver Weise, daß in gewissen Krankheitsfällen eine regelrechte Perzeption der Töne und Worte stattfindet; die betreffenden Kranken können alles Gehörte und Vorgesprochene wiederholen, ja schriftlich ausdrücken; dennoch aber begreifen sie das Gesprochene nicht, haben die Namen bestimmter Gegenstände vergessen und können sich der gehörten Worte nicht erinnern.

Dies sind Fälle von Worttaubheit, wobei die Wortperzeption überhaupt nicht gestört ist, das Wortverständnis aber, das Begreifen der Worte als Symbole der umgebenden Gegenstände ist mehr oder minder verloren gegangen bezw. total erloschen.

Bei der Obduktion solcher Fälle stößt man gewöhnlich auf Erkrankungen der Schläfenlappen. Man ist dadurch veranlaßt, das Centrum der akustischen Erinnerungsspuren oder -Vorstellungen irgendwo in der Nähe des Schläfenlappens zu lokalisieren.

Ganz besonders oft beobachtet man Fälle von reiner Worttaubheit bei Abszessen des linken Schläfenlappens im Gefolge von Otitiden. Eine ganze Reihe klinischer Erfahrungen liegt hierüber vor.

P. Marie äußert sich neuerdings gegen die Lokalisation der motorischen Aphasie in der dritten linken Stirnwindung (s. oben), sowie gegen die Lokalisation der Worthörspuren in der ersten Schläfenwindung (Wernicke). Die sensible Aphasie von Wernicke bringt Marie[1]) in Abhängigkeit nicht von dem Verlust der Hörvorstellungen bezw. Hörspuren, sondern von Störungen der in der sog. Wernicke'schen Zone lokalisierten intelektuellen Sphäre, welche Marie noch erweitert, indem er den Gyrus supramarginalis, den Gyrus angularis und die hinteren Abschnitte der beiden obersten Schläfenwindungen dazu rechnet. Marie bezeichnet daher Wernickes Lehre von der sensorischen Aphasie für unhaltbar, denn es handle sich dabei nicht um Worttaubheit, sondern um Intellektschwäche. Zudem ist das Nichtverstehen des Gesprochenen nicht für die sensorische Aphasie allein spezifisch, sondern kommt auch bei den gewöhnlich zur motorischen Broca'schen Aphasie gerechneten Erkrankungen vor, welche Marie ebenfalls, gleich der Wernicke'schen Aphasie, auf eine mit Anarthrie komplizierte Intellektstörung zurückführt.

Nach Ansicht von Marie ist die Qualität und Quantität einer aphasischen Störung in jedem einzelnen Fall bedingt nicht durch eine verschiedene Lokalisation, sondern durch die Extensität der Erkrankung der Wernicke'schen Zone, welche alle Sprachfunktionen (Lesen, Schreiben, Wortverständnis) ohne eine besondere Lokalisation derselben umfaßt.[2])

Wir hatten jedoch im Vorstehenden bereits Gelegenheit, einige Bedenken gegen die Auffassungen von Marie darzulegen. Hier sei dazu noch bemerkt, daß die Erscheinungen des Schwachsinnes nicht als Ursache, sondern als Folge der sensorischen Aphasie zu betrachten sind. Gegen Marie's Lehre sprechen aber auch die Fälle von umschriebener Wortblindheit ohne Worttaubheit, sowie ferner die Fälle von zirkumskripter Erkrankung der ersten Temporalwindung mit Erscheinungen von Worttaubheit. Auch die Atrophie dieser Windung bei angeborener Taubstummheit wäre vom Standpunkt Marie's unerklärbar.

5. Das Centrum der akustischen Spuren bezw. Vorstellungen.

Die amnestische Aphasie.

Das Centrum der Tonvorstellungen und das Centrum der Wortvorstellungen okkupieren wahrscheinlich ein ausgedehntes Feld der äußeren Fläche des Schläfenlappens außerhalb des Bereiches der ersten Temporalwindung und höchstwahrscheinlich noch die angrenzenden Gebiete der basalen Oberfläche des Schläfenlappens.

---

[1]) P. Marie, a. a. O.

[2]) Sémaine méd. 1906, Nr. 42.

Ein gutes Beispiel für die soeben genannte Störung liefert ein von v. Monakow mitgeteilter Fall.[1]) Bei dem betreffenden Kranken war ein hinreichender Wortschatz, ein im allgemeinen gutes Gehör und ein richtiger Wortgebrauch zu konstatieren; er konnte, wenn auch mit Mühe, sogar lesen und schreiben; und bei alledem begriff der Kranke dennoch nicht, was andere sprachen. Er litt gleichzeitig an optischen und akustischen Halluzinationen bei sonst unversehrter Psyche. Die Sektion ergab einen Erweichungsherd im Bereiche der zweiten und dritten Hinterhauptwindung und der zweiten und dritten Schläfenwindung linkerseits, sowie eine Affektion des mittleren Teiles des rechten Hinterhauptlappens.

Es gibt übrigens auch reine Fälle von amnestischer Aphasie, wobei die Kranken das, was man ihnen sagt, hören und verstehen, alles nachsprechen und den Sinn der gehörten Worte verstehen, lesen und schreiben können; sie vergessen aber die Namen der Gegenstände; ihre Sprache entbehrt daher der Hauptwörter; sie können die Gegenstände der Umgebung auf keinerlei Weise benennen. Man beobachtet diese Störung ganz besonders oft bei Abszessen des linken Schläfenlappens lappens, welche nicht selten an eitrige Otitiden sich anschließen.[2])

Am häufigsten findet sich dieses Symptom bei optischen, manchmal auch bei akustischen und taktilen Eindrücken.

Die Erscheinungen der reinen amnestischen Aphasie sind von Stromayer[3]) und einigen anderen Autoren beobachtet worden.

In einem hierhergehörigen Fall, welchen ich im Verein mit Dr. P. Ostankov beobachtete, handelte es sich um reine amnestische Aphasie ohne Worttaubheit. Der Abszeß, welcher im linken Schläfenlappen saß, hatte einen beträchtlichen Teil des Gyrus lingualis und einen Teil der weißen Substanz des Schläfenlappens zerstört.

Mit Rücksicht auf den Fall von Cattan, in welchem Wortamnesie bei Erhaltung des Gehörs und des Nachsprechvermögens bestand, und wo die Sektion eine Erkrankung der zweiten und dritten linken Schläfenwindung nachwies, äußern Luciani[4]) und Sepilli die Meinung, die Wortamnesie könne überhaupt ohne Worttaubheit vorkommen; während die Perzeption der Worte in der ersten linken Schläfenwindung erfolge, werde die Wortreproduktion in der zweiten und dritten linken Schläfenwindung ausgeführt.

Zacher schildert einen Fall von Erkrankung der zweiten linken Temporalwindung in Form einer markgroßen Cyste Zu Lebzeiten beobachtete man außer Schwächung der Geistesfähigkeiten Erscheinungen amnestischer Aphasie, die sich in Vergessen der Sachbenennungen äußerte.

Broadbent[5]) lokalisiert auf Grund klinischer Beobachtungen das Centrum des Wortgedächtnisses in einem besonderen von ihm geschilderten Kollateralläppchen an der basalen Fläche des Schläfenlappens.

---

[1]) Monakow, Arch. f. Psych. 1885, Bd. 16.

[2]) Marcus, Über die beim otitischen Abszeß des linken Schläfenlappens auftretenden Störungen der Sprache. D. Zeitschr. f. Chir., Bd. 60.

[3]) Stromayer, Zur Kritik der subkortikalen sensorischen Aphasie. D. Zeitschr. f. Nervenheilk. 1902, H. 5. u. 6.

[4]) Luciani, Die Funktionslokalisation auf der Großhirnrinde. Leipzig 1886. S. 223.

[5]) Broadbent, Brain 1879. Med. Chir. Trans. 1872. Brit. Med. Journ. 1897.

Nach Bateman[1]) hat im Bereiche der zweiten und dritten Schläfenwindung der linken Hemisphäre ein Centrum seine Lage, dessen Zerstörung amnestische Aphasie bezw. Verlust des Wortgedächtnisses nach sich zieht.

Auch Felder[2]) lokalisiert ein besonderes Centrum des Wortgedächtnisses auf Grund klinisch-pathologischer Befunde in der dritten Schläfenwindung.

Man wird also mit Rücksicht auf alle diese Befunde und Angaben annehmen dürfen, daß in dem lateralen und basalen Abschnitt des Schläfenlappens einerseits Centra zur Ablagerung der Tonvorstellungen lokalisiert sind, andererseits Centra, welche zur Festhaltung von Wortvorstellungen bezw. von Worten als Symbole bestimmter Gegenstände geeignet sind.

6. Die subkortikalen akustischen Leitungsbahnen.

Indem ich nunmehr zur Darstellung der subkortikalen akustischen Leitungsbahnen übergehe, muß ich vor allem daran erinnern, daß die centralen Gehörleitungen, die im Gehirnstamm innerhalb der sog. lateralen Schleife emporsteigen, weiterhin, wie schon gezeigt wurde, im Brachium quadrigeminum inferius zum hinteren (unteren) Kniehöcker sich begeben.

Wie nun die pathologisch-anatomischen Ermittelungen Monakow's, die embryologischen Untersuchungen Flechsig's, sowie die in meinem Laboratorium gewonnenen Befunde (Larionow) bezeugen, steigen die Gehörbahnen von der Kniehöckerregion aus innerhalb des weißen Hemisphärenmarkes hauptsächlich zur Gegend der ersten und zweiten Schläfenwindung hinauf, also zur Region des kortikalen Gehörscentrums.

Aus pathologisch-anatomischen Befunden geht hervor, daß die centrale subkortikale Gehörbahn beim Menschen den gleichen Verlauf nimmt. Vom Corpus geniculatum erheben sich die Gehörbahnen zu der ersten Schläfenwindung, wobei sie anfangs in der Nähe des hinteren Schenkels der inneren Kapsel verlaufen, woraus sich beiläufig die Tatsache erklärt, daß bei Affektionen im Gebiete der Capsula interna gekreuzte Taubheit beobachtet wird (Vetter).

Neuere Untersuchungen von Ramon y Cajal haben dargetan, daß die thalamo-kortikale akustische Bahn höchstwahrscheinlich im Basallappen des Gehirns (Lobus sphenoidalis) endigt, ein Satz, der für die höheren Tiere auf jeden Fall keine Geltung haben kann. Es ist jedoch zu beachten, daß auch die centrale Acusticusleitung, analog den übrigen centripetalen Bahnen, nach Ramon's Befunden neben aufsteigenden auch absteigende kortiko-thalamische Fasern bezw. kortiko-genikuläre Fasern aufweist, welche in den medialen Kniehöcker hineindringend hier unter Vermischung mit den Verästelungen der lateralen Schleife frei sich aufzweigen.

Was die Centrifugalfasern der Leitungsbahnen des Gehörscentrums betrifft, welche akustische Reflexbewegungen (Bewegungen der Augen

---

[1]) Bateman, On aphasia. London 1879.
[2]) Felder, Aphasia and the cerebral speech mechanism. London 1897.

und Ohren) bedingen, so verfolgt man dieselben am einfachsten mittels Beobachtung der sekundären Degenerationen an Gehirnen mit Destruktion der kortikalen Gehörssphäre.

Dahinzielende spezielle Untersuchungen sind in meinem Laboratorium (Dr. Larionov) in der Tat ausgeführt worden. Die von dem lädierten Gehörscentrum ausgehenden degenerierten Fasern ziehen, wie sich im Verfolg dieser Untersuchungen herausstellte, einerseits durch den hinteren Schenkel der inneren Kapsel zu dem medialen Kniehöcker und von da zum hinteren Vierhügel, andererseits zum oberen-äußeren Abschnitt des Thalamus, dessen Stratum zonale sie erreichen. Außerdem begeben sich degenerierte Fasern teils direkt, teils unter Vermittlung des Ganglion habenulae und des Pedunculus conarii zur hinteren Commissur und zum vorderen Vierhügel und durch das tiefe Mark des letzteren zur Gegend des hinteren Längsbündels der anderen Seite, unter Eintritt in die angrenzenden Teile der Formatio reticularis und sogar in den vorderen Kleinhirnschenkel.

Was die physiologische Rolle der Centrifugalbahn betrifft, welche das Gehörscentrum des Schläfenlappens mit dem hinteren Kniehöcker und dem hinteren Vierhügel verbindet, so handelt es sich hier offenbar um rückläufige Systeme, in welchen ich auf Grund meiner Versuche jene Bahnen vermute, durch deren Vermittlung die psychoreflektorischen Bewegungen der Ohren zu Stande kommen. Ich konnte wenigstens mehrfach im Verlaufe meiner Experimente konstatieren, daß die Reizung des medialen Kniehöckers und des hinteren Vierhügels ebenso charakteristische Bewegungen der Ohrmuscheln bewirkt, wie die Reizung der Gehirnrinde im Gebiete des Hörcentrums.

Die Verbindung des Gehörscentrums der Hirnrinde mit dem vorderen Vierhügel und mit der hinteren Commissur und durch Vermittlung des tiefen Vierhügelmarkes mit dem hinteren Längsbündel und den Oculomotoriuskernen dient wahrscheinlich zur Übertragung akustischer Impulse von der Gehirnrinde auf die Innervationsbahnen der Augenmuskeln und auf den Zustand der Pupille. Sie erklärt uns also die Erscheinungen von Seiten der Augen und der Pupille, welche man bei der Reizung des kortikalen Gehörscentrums beobachtet. Bestätigt wird dies durch die Tatsache, daß nach Zerstörung des vorderen Vierhügels, wie Spezialversuche meines Laboratoriums gezeigt haben (Dr. Gerver) vom kortikalen Acusticuscentrum keine Augenbewegungen hervorrufbar sind.

Was die Verbindung des Gehörscentrums mit dem Stratum Zonale des Thalamus betrifft, so scheint mir ihre Bedeutung, wie auch diejenige anderer Verbindungen sensibler Rindencentra mit dem Thalamus, im Bereiche der sog. Ausdrucksbewegungen zu liegen.

Was endlich die Verbindungen des Gehörcentrums mit der Formatio reticularis betrifft, so ist ihre Bedeutung vorläufig noch unklar. Man kann nur vermutungsweise annehmen, daß durch Vermittlung dieser Bahnen der durch meine Versuche nachgewiesene Einfluß des Gehörscentrums auf die Zirkulation und andere vegetative Funktionen zu Stande kommt.

XV.

Die optischen Funktionen der Gehirnrinde.

1. Das kortikale Sehcentrum.

Von den Sinnescentren der Großhirnrinde ist wohl keines so eingehend, wie das Sehcentrum, von physiologischer und klinischer Seite untersucht worden. Und doch ist die Erkenntnis dieses Gebietes der Physiologie bis auf den heutigen Tag nicht zum Abschlusse gelangt.

a) Erste Befunde.

Schon durch die Versuche von Flourens[1]) war es bekannt, daß Vögel nach Abtragung der Gehirnhemisphären ihr Seh- und Hörvermögen verlieren. Wurde nur eine einzige Hemisphäre abgetragen, dann war bei den operierten Vögeln Blindheit und Taubheit auf der dem Eingriff entgegengesetzten Seite zu beobachten. Diese Versuche konstatierten sonach zum ersten Mal den Zusammenhang des Seh- und Gehörorgans mit der Hirnrinde; es ergab sich zugleich, daß bei den Vögeln ein gekreuzter solcher Zusammenhang besteht.

Übrigens wurde durch die Versuche späterer Forscher ermittelt, daß die Fortnahme der Hemisphären nicht einen gänzlichen Verlust des Hör- und Sehvermögens bewirkt. So haben Lussano und Lemoigne, sowie Renzi nachgewiesen, daß nach Abtragung der Großhirnhemisphäre bei den Versuchstieren das Vermögen, Hindernisse zu umgehen, erhalten bleibt, und daß die operierten Tiere den Kopf dem Lichte zukehren. Letzteres konnte auch Longet experimentell feststellen. Bei niederen Tieren, so z. B. beim Frosch, tritt die Fähigkeit, nach Exstirpation der Gehirnhemisphären Hindernissen auszuweichen, mit ungewöhnlicher Deutlichkeit hervor.

Man war durch diese Befunde zu der Ansicht gelangt, die Gehirnrinde diene im wesentlichen zur Bildung optischer Vorstellungen. Die Gesichtsempfindungen lokalisierte man in den basalen Teilen des Gehirns, in den Endstätten der Sehnervenfasern.

Was die Lokalisation des kortikalen Sehcentrums betrifft, so konnte von einem solchen Centrum nicht die Rede sein, solange Flourens' Lehre von der Einheit der psychischen Funktionen die Geister beherrschte.

Nach einer Angabe von Luciani und Sepilli hat Paniza im Jahre 1855 zuerst auf die Existenz eines besonderen Rindencentrums für das Sehen hingewiesen. Allein diese Angabe ist lange Zeit ganz unbeachtet geblieben.

Sodann hat Kendrick in der Rinde des hinteren Hemisphärenabschnittes der Vögel eine Gegend bezeichnet, deren Abtragung zur Erblindung des kontralateralen Auges führt.

Ferner hat Hitzig mit Bestimmtheit die Existenz eines Sehcentrums in der Rinde des Occipitallappens beim Hunde betont.[2])

[1]) Flourens, Arch. génér. de méd., Bd. 2.

[2]) E. Hitzig, Untersuchungen über das Gehirn. Centralblatt für mediz. Wiss. 1874.

Ferrier's ausgedehnte Untersuchungen wurden dann zum Ausgangspunkt für alle weiteren Forschungen über das kortikale Sehcentrum und seine Lokalisation bei den höheren Säugetieren. Auf Grund einer ganzen Reihe von Untersuchungen an Affen lokalisierte Ferrier das Sehcentrum in den sog. Gyrus angularis des Scheitellappens der Affen. Die Zerstörung dieser Windung bewirkte in seinen Versuchen Blindheit des kontralateralen Auges, welche mit der Zeit jedoch allmählich nachließ. Die zweiseitige Zerstörung des Gyrus angularis hatte absolute und definitive Erblindung auf beiden Augen zur Folge.

Für diese Lokalisation des Sehcentrums fand Ferrier eine weitere Bestätigung in dem Umstande, daß die Reizung der Gegend des Gyrus angularis und der entsprechenden Rindenpartien anderer Tiere eine Deviation der Augen nach der entgegengesetzten Seite hervorruft, begleitet von Erweiterung der Pupillen.

Auch andere Autoren fanden Beziehungen des Gyrus angularis zum Sehen, so Horsley und Schäffer, ferner Luciani und Tamburini. Dagegen stellen Munk, Tomsen und Brown jede Beziehung des Gyrus angularis zum Sehen in Abrede.

Luciani und Tamburini[1]) bemerkten zuerst zweiseitige homonyme Blindheit beim Hunde nach Zerstörung des Hinterhauptlappens.

Munk[2]) welcher anfangs die Beziehung des Sehcentrums zu beiden Augennetzhäuten leugnete, änderte später seine Auffassung, indem er zugestand, daß das Auftreten zweiseitiger homonymer Hemianopsie ein konstantes Resultat von Affektionen des kortikalen Sehcentrums bildet.[3])

Ebenso hat Ferrier im Verlauf seiner späteren Experimente und haben alle anderen Forscher Beziehungen jedes Hinterhauptlappens zum Sehen mit beiden Augen nachweisen können.

b) Untersuchungen von H. Munk.

Ich betrachte hier zunächst die Befunde H. Munk's, welche bald nach dem Erscheinen der ersten Arbeiten Ferrier's mitgeteilt wurden.

Durch diese Befunde wurde festgestellt, daß das Sehcentrum beim Hunde, sowie bei den Affen im Occipitalteil der Gehirnrinde zu lokalisieren ist. Damit erklärte sich, wie wir sehen werden, auch Ferrier später einverstanden, mit der Einschränkung, daß der Gyrus angularis für das centrale Sehen bestimmt ist, während die Rinde des Hinterhauptlappens den peripheren Abschnitten der Netzhaut entsprechen sollte.

Zu bemerken ist jedoch, daß einige Autoren, wie Tomsen und Brown, gleich Munk den Gyrus angularis nicht zum Gebiet des Sehcentrums rechnen.

Da die Anschauungen Munk's bezüglich der Erscheinungen, welche sich an die partielle oder totale Zerstörung der Sehsphäre anschließen, die nach der Meinung dieses Autors sich über den gesamten Hinterhauptlappen erstreckt, am besten begründet erschienen, so verdienen dieselben hier eine eingehende Würdigung.

---

[1]) Luciani e Tamburini, Sulli centri psicosensori corticali. Riv. sper. di fren. 1877.

[2]) H. Munk, Ges. Mitteil. 1877, S. 30.

[3]) H. Munk, Ges. Mitteil. 1879, S. 66ff.

Munk nimmt an, daß auf der Oberfläche des Hinterhauptlappens jeder Hemisphäre ein Feld A[1] vorhanden ist, in welchem die Erinnerungsbilder der früher stattgehabten Seheindrücke aufbewahrt werden. Diese Region entspricht der Stelle des deutlichen Sehens der kontralateralen Netzhaut.

Wird demnach diese „Sehsphäre“, wie sie Munk nennt, in beiden Hirnhemisphären zerstört, dann verliert das Tier die Erinnerungsbilder aller Gegenstände, welche bis dahin in seinem Gedächtnisse aufbewahrt wurden. Das Tier bekommt „Seelenblindheit“, wie Munk den Zustand bezeichnet. Wurde das Experiment an einem Hunde ausgeführt, dann zeigt das operierte Tier folgendes Bild. Weder die Motilität, noch die Sensibilität, noch irgend eines von den Sinnesorganen, mit Ausnahme des Gesichtssinnes, weisen irgendwelche Störungen auf. Der Hund umgeht Hindernisse, die er auf seinem Wege antrifft, er beachtet aber nicht die Befehle, denen er früher gehorchte; er fürchtet die Peitsche nicht, ehe er sie auf seinem Rücken fühlt; er ist gleichgültig gegen andere Hunde, mit denen er früher spielte. Er hat es verlernt, die Stelle aufzufinden, wo er gewöhnlich sein Futter antraf. Er reicht nicht die Pfote, wenn man ihm die Hand entgegenstreckt. Er schließt nicht die Augen, wenn ihm ein angezündetes Streichhölzchen genähert wird. Stellt man ihm die Futterschale in den Weg, so geht er herum, ohne sie anzurühren. Kurz, der Hund erkennt nicht, was er sieht; er ist seelenblind. Das Tier kann aber die verloren gegangenen Erinnerungsbilder wieder erwerben durch neue Lebenserfahrung oder Erziehung.

Dem in der angegebenen Weise operierten Hunde kommen nach Munk's Ansicht optische Eindrücke immerhin zum Bewußtsein; sie hinterlassen Spuren von der Existenz, der Form und den Dimensionen der Gegenstände und bedingen hierdurch die Bildung neuer Vorräte von Sehbildern in dem Bewußtsein des Tieres. Der operierte Hund befindet sich sozusagen in der Lage eines jungen Welpen, dem sich soeben die Augen geöffnet haben und der sich nun durch Erfahrung einen Vorrat von Gesichtsbildern schaffen muß. Nur geschieht diese Schaffung der Bilder langsamer, als bei dem operierten erwachsenen Hund, welcher die übrigen Sinnesorgane schon voll ausgebildet hat.

Nach und nach lernt der operierte Hund Menschen erkennen, später große, zuletzt auch kleinere Gegenstände. Nach 3—5 Wochen ist seine Sehkraft vollkommen wieder hergestellt und der operierte Hund unterscheidet sich dann in keiner Weise von einem gesunden Hund. Es erfolgt nach Munk's Ansicht die Erwerbung neuer Seheindrücke und somit die Restitution des Sehens vermöge der unversehrt gebliebenen Teile der Gehirnoberfläche in der Umgebung von A', wo die Ablagerung neuer Seheindrücke stattfindet.

Wurde die Sphäre A' nur in einer Gehirnhälfte eingetragen, dann tritt nur an einem Auge, und zwar an dem der beschädigten Hemisphäre entgegengesetzten, Seelenblindheit auf. Das Sehen kann sich hier ebenso, wie im vorigen Fall, mit der Zeit rehabilitieren. Daß dabei die die Sphäre A' umgebenden Rindenpartien eine Rolle spielen, geht nach Munk's Meinung daraus hervor, daß meningitische Erscheinungen, falls sie von A' auf die Umgebung sich ausbreiten, bei einem in Restitution des Sehfeldes begriffenen Tier von neuem Erscheinungen

der Seelenblindheit hervorrufen können, wie in der ersten Zeit nach der Operation.

In der Hemisphärenrinde gibt es nach Ansicht von Munk keine zweite Stelle außer der Sphäre A', deren Zerstörung Erscheinungen von Seelenblindheit bewirken würde.[1] Die Sphäre A', in welcher, wie erwähnt, die Mehrzahl der aufgenommenen Sehbilder deponiert wird, entspricht nach Munk's Auffassung der Stelle des deutlichen Sehens der kontralateralen Augennetzhaut.

In einer anderen Versuchsreihe entfernte Munk beim Hunde nahezu den ganzen Hinterhauptlappen. Die Folge dieses Eingriffes war nicht nur psychische, sondern auch absolute Blindheit des kontralateralen Auges oder „Rindenblindheit" nach Munk's Terminologie. Das Sehen dieser Tiere erfuhr mit der Zeit nur eine teilweise Besserung. Nach Abtragung eines Hinterhauptlappens ist jedoch das Versuchstier, wie Munk sich ferner überzeugte, noch im Stande, mit dem alleräußersten Teil der kontralateralen Netzhaut zu sehen; es sieht also Gegenstände, welche im inneren Teil des Gesichtsfeldes belegen sind, wenn es auch diese Gegenstände wegen der bestehenden Seelenblindheit nicht erkennt. Gleichzeitig besteht bei dem Tier Nichtfunktionieren des äußersten Teiles der Netzhaut des der beschädigten Seite entsprechenden Auges.

Nach Munk fällt bei Zerstörung des Hinterhauptlappens auf der entsprechenden Seite ein Feld aus, welches an Ausdehnung dem erhaltenen Netzhautfeld des kontralateralen Auges gleich ist, und zwar beträgt seine Größe höchstens ein Viertel der Netzhaut.

Wurde aber beim Hunde ein bestimmter Teil der Rindenoberfläche in der Umgebung der Sphäre A' zerstört, dann bildet sich in der Netzhaut des kontralateralen Auges nur ein Punctum caecum, welches von dem physiologischen blinden Fleck seiner Lage nach verschieden ist. Irgend welche Erscheinungen von Seelenblindheit bestehen dabei nicht. Der Hund sieht und erkennt alles vorzüglich, nur daß er in einem bestimmten Gesichtsfeldabschnitt nicht im Stande ist, sich über die Gegenstände zu orientieren. Ist der Hund z. B. hungrig und wirft man ihm einige Stücke Fleisch hin, dann fällt es auf, daß der Hund manche Stücke nicht anrührt, welche leicht zu erreichen sind, und sich über andere Stücke hermacht.

Nach Ablauf von 3—5 Tagen werden die Sehstörungen weniger auffallend; um die zweite Woche stellen sich bereits normale Verhältnisse her.

Munk gelangt auf Grund dieser Experimente zu dem Schluß, daß die Sehnervenfasern von dem affizierten Netzhautfelde zu der lädierten Stelle der Sehsphäre verlaufen. Die Elemente dieser letzteren sind dabei, wie aus seinen Versuchen hervorgeht, in einer der Lage der Netzhautelemente entsprechenden Weise angeordnet.

Genauer formuliert Munk seine hierbezüglichen Ergebnisse in folgenden Sätzen:

Jede Retina ist mit ihrer äußersten lateralen Partie zugeordnet dem äußersten lateralen Stücke der gleichseitigen Sehsphäre. Der viel größere übrige Teil jeder Retina gehört dem viel größeren übrigen Teile der gegenseitigen Sehsphäre zu und zwar so, daß man sich die

---

[1]) Munk, a. a. O., S. 115.

Retina der Art auf die Sehsphäre projiziert denken kann, daß der laterale Rand des Retinarestes dem lateralen Rande des Sehsphärenrestes, der innere Rand der Retina dem medialen Rande der Sehsphären, der obere Rand der Retina dem vorderen Rande der Sehsphäre, endlich der untere Rand der Retina dem hinteren Rande der Sehsphäre entspricht.[1])

Munk's Versuche an Affen haben zu analogen Ergebnissen geführt. Doch konnten gewisse Besonderheiten bemerkt werden. Die nahezu totale Abtragung der konvexen Oberfläche des Occipitallappens macht den Affen hemiopisch. Es entsteht bei dem Tier Blindheit der beiden entsprechenden Netzhauthälften und dieser Zustand hat einen wochen- und monatelangen Bestand.

Nach Abtragung beider Occipitallappen wird das Tier auf beiden Augen absolut blind. Es stößt bei seinen Bewegungen auf alle Hindernisse, welche man ihm in den Weg stellt. Mit der Zeit bessert sich das Sehvermögen. Eine volle Genesung aber tritt nur in den Fällen ein, wenn irgend ein Stück des Hinterhauptlappens unversehrt blieb, sei es auf der unteren, sei es auf der medialen Fläche dieses Lappens. Munk nimmt an, daß beim Affen und beim Hunde im Bereiche der Sehsphäre ein Centrum zur Aufbewahrung früher erhaltener Seheindrücke existiert. Aber die genauere Lage dieses Centrums vermag Munk nicht anzugeben.

Munk's Auffassungen weichen, wie sich aus dem Gesagten ergibt, von den Befunden Ferrier's in vielen Punkten ab. Ferrier hat zwar, wie wir sahen, später die Bedeutung des Occipitallappens für das Sehen zugestanden. Aber den Gyrus angularis sieht Ferrier als eine Gegend an, welche im Dienste des centralen Sehens steht. Munk dagegen rechnet den Gyrus angularis nicht zum Bereich der Sehsphäre. Aber auch die Erscheinungen selbst, die im Experiment auftreten, werden von Munk und Ferrier in verschiedener Weise beschrieben. Ferrier beobachtete bei seinen operierten Tieren Amaurose des kontralateralen Auges; Munk dagegen macht einen Unterschied zwischen Seelenblindheit und Rindenblindheit.

Nach Ferrier's Untersuchungen besteht ferner eine totale Kreuzung der Sehnervenfasern, welche zum Gyrus angularis gelangen, da das Tier im Fall der Zerstörung dieser Rindenregion auf dem kontralateralen Auge blind wird. Nach den Munk'schen Befunden dagegen würden die lateralen Abschnitte der Netzhaut Fasern aus der homolateralen Hemisphäre erhalten; beim Affen ist die partielle Kreuzung der Sehnervenfasern noch erheblich mehr ausgesprochen, was zur Folge hat, daß die Zerstörung eines Sehcentrums das Tier hemiopisch macht.

In einer späteren, diesen Gegenstand betreffenden Mitteilung[2]) bestätigt Munk von neuem seine früheren Anschauungen. Er findet die Erscheinungen der Rindenblindheit nach Zerstörung der Gehirnhemisphären auch bei niederen Tieren (Kaninchen, Meerschweinchen, Ratte, Vögel), während der Frosch (Desmoulins, Magendie, Blaschko)[3]) und die Fische (Renzi, Vulpian) in dieser Beziehung eine Ausnahme bilden. Blaschko hat in Munk's Laboratorium nachgewiesen, daß der seiner

---

[1]) Munk, a. a. O. S. 88.
[2]) Munk, Sitz.-Ber. d. Preuß. Akad., 1883, Bd. 34, 1884, Bd. 35.
[3]) Blaschko, Dissert. inaug., Berlin 1880.

Hirnhemisphären beraubte Frosch sowohl die Sehperzeption, als auch das Gedächtnis der Sehbilder behält und sich letzterer bei seinen Bewegungen bedient, also nicht für seelenblind gelten kann.

Nach den Befunden MUNK's stellt sich die Lage der Sehsphären, als auch die Projektion der Netzhaut bei den Vögeln in gleicher Weise dar, wie bei den höheren Tieren. Tauben sind nach Verlust einer Gehirnhemisphäre, wie MUNK nachweist, keineswegs vollkommen kontralateral blind, wie man dies früher annahm (FLOURENS, KENDRICK u. A.), sondern sie sehen noch, wenn man ihnen einen Gegenstand von vorn oder von innen her nähert; sie haben demnach die Außenhälfte der Netzhaut des kontralateralen bezw. blinden Auges noch unversehrt.

Erwähnt sei schließlich, daß MUNK irgend eine andere Auffassung der Sache anscheinend für ausgeschlossen hält. Er führt wenigstens bisher alle Untersuchungsergebnisse, welche von der von ihm aufgestellten Lokalisation abweichen, auf Mängel der Operationstechnik und andere Momente zurück, welche eine Läsion seiner Sehsphäre herbeiführen.

c) Kritik der MUNK'schen Lehre. Befunde von LUCIANI, GOLTZ u. A.

Die Aufstellungen MUNK's sind nun vielfach angegriffen worden, und zwar nicht allein von FERRIER[1]), wie dies schon erwähnt wurde, sondern auch von anderen Autoren, insbesondere von LUCIANI und SEPPILLI, GOLTZ, LOEB, CHRISTIANI.

Daß GOLTZ und LOEB, sowie GUDDEN überhaupt gegen eine Lokalisation von Rindencentren, also auch eines Sehcentrums im Hinterhauptlappen auftreten, darauf werde ich hier nicht näher eingehen.

LUCIANI und SEPPILLI, sowie GOLTZ und LOEB haben gefunden, daß zirkumskripte Läsionen der Sehsphäre der Gehirnrinde nie zur Entstehung eines centralen Sehskotoms führen, sondern stets Sehstörungen hemiopischen Charakters hervorrufen.

Eine andere Reihe von Befunden steht nicht dem Wesen nach, sondern in gewissen Einzelheiten in einem Gegensatz zu der MUNK-schen Lehre.

LUCIANI und TAMBURINI[2]) sind durch Spezialuntersuchungen zu der Meinung geführt worden, daß das Sehcentrum beim Hunde in der zweiten äußeren Windung (Gyrus suprasylvius Owen) in der Ausdehnung vom Stirnlappen bis zur Hinterhauptregion lokalisiert ist. Nach erfolgter Zerstörung des Sehcentrums in einer Hemisphäre beobachteten diese Autoren totale Amaurose des kontralateralen Auges und eine geringgradige Amblyopie des Auges der lädierten Seite. Mit der Zeit gingen die Erscheinungen an dem kontralateralen Auge langsam zurück, das Sehen mit dem homolateralen Auge erfuhr eine vollständige Restitution. Wurde nun darauf bei diesem Versuchstier das Sehcentrum auch in der anderen Hemisphäre zerstört, dann trat schließlich nahezu komplette zweiseitige Blindheit ein.

---

1) FERRIER, Centralbl. f. Nervenheilk. 1880, Nr. 19. The functions of the brain, London 1886.

2) LUCIANI e TAMBURINI, Sui centri psico-sensori corticali. Riv. sperim. di freniatria 1879.

Diese Amaurose wurde in solchen Fällen mit der Zeit ein wenig schwächer, doch konnten selbst nach Verlauf mehrerer Wochen bei dem operierten Tier noch deutliche Sehstörungen bemerkt werden.

Späterhin hat LUCIANI selbst und dann auch im Verein mit SEPPILLI seine Anschauung teils geändert, teils genauer ausgeführt.[1])

Die genannten Autoren trugen in ein Schema der Gehirnoberfläche die Stellen ein, deren Läsion Störungen des Sehens, Hörens, Riechens und Tastens hervorruft. Sie erhielten so die „Sphären" der betreffenden Funktionen. Dabei erkannte man, daß die betreffenden Sphären einander in erheblicher Ausdehnung überdecken. Von jeder Sphäre bleibt nur ein kleines Feld übrig, welches als reines „Centrum" auftritt, dessen Zerstörung also nur Alterationen einer bestimmten Sinnesfunktion ohne irgend welche Nebenerscheinungen hervorruft.

Im hinteren Teil des Scheitellappens fließen alle diese Sphären zusammen. Dieser Region wird daher von den genannten Autoren eine hervorragende Bedeutung für die psychischen Tätigkeiten beigemessen. Jede Sphäre stellt ein Gebiet vor, in welcher psychische Erscheinungen sich vollziehen, welche in unmittelbarem Zusammenhang mit den elementaren Empfindungen stehen. So z. B. funktioniert die Sehsphäre als Region, in welcher optische Vorstellungen lokalisiert sind. Die einfachen Sehempfindungen sollen schon im Mittelhirn ihre Lokalisation finden.

Was nun speziell das Sehcentrum betrifft, so stehen LUCIANI's Ergebnisse, so wie sie in einer der vorhin zitierten Arbeiten ihren Ausdruck finden, in vielen Beziehungen in vollem Widerspruche mit den Befunden MUNK's.

Sehstörungen erfolgen laut den Angaben LUCIANI's nicht nur nach Entfernung des Hinterhauptlappens, sondern auch nach Entfernung des Schläfen-, Scheitel- und Stirnlappens und selbst bei Läsionen des Ammonshornes. Andauernde Sehstörungen jedoch beobachtet man nur im Falle der Exstirpation des Hinterhaupt-Scheitellappens, wo LUCIANI das eigentliche Sehcentrum lokalisiert. Schon ganz geringfügige Läsionen im Bereiche dieses Centrums führen zu Sehstörungen. Das Bestehen von Verbindungen zwischen ihm und anderen Centren erklärt die vorübergehenden Störungen seiner Funktion im Falle der Abtragung anderer Rindengebiete. Die Zerstörung des Sehcentrums bewirkt homonyme bilaterale Hemiopie. Es befindet sich daher jede Hemisphäre in Verbindung mit dem lateralen Teile der kontralateralen und mit dem medialen Teile der homolateralen Netzhaut. Aber eine kortikale Projektion der Netzhaut, wie sie von MUNK angenommen wird, stellt LUCIANI in Abrede; denn bilaterale lokale Läsionen an verschiedenen Stellen des Sehcentrums (vorn, hinten usw.) bewirken nicht partielle, sondern diffuse Sehstörungen. Nach LUCIANI steht also sowohl der gekreuzte, als auch der ungekreuzte Teil des Nervus opticus in Verbindung mit dem ganzen Lobus parieto-occipitalis; die Zahl der gekreuzten Fasern dieses Nervus übertrifft dabei die der ungekreuzten Elemente desselben.

Da in LUCIANI's Versuchen ausgedehnte zweiseitige Beschädigungen

---

[1]) LUCIANI, Brain 1884, S. 145—160. — LUCIANI und SEPPILLI, Die Funktionslokalisation auf der Großhirnrinde, Leipzig 1886.

des Sehcentrums nicht zu totaler andauernder Blindheit führten, sondern nur Erscheinungen sog. Seelenblindheit nach sich zogen, betrachtet er im Gegensatze zu Munk die Rinde nicht als Bildungsstätte der Empfindungen; diese erfolge vielmehr im Mittelhirn; in der Rinde vollziehe sich nur die psychische Umarbeitung von Empfindungen in Vorstellungen.

Sehstörungen im Gefolge von Abtragung der vorderen Hemisphärenteile sind außer von Luciani noch von anderen Autoren, so von Hitzig, Exner, mir beobachtet worden.

Einen schwachen Punkt in den Arbeiten Luciani's und seiner Schüler bildet der Umstand, daß in denselben die anatomischen Grenzen der Windungen nicht beobachtet wurden; es wurden z. B. mit der ersten und zweiten Occipitalwindung, welche zum Sehen in Beziehungen stehen, auch Teile der dritten Occipitalwindung mit lädiert, wo bereits das Hörcentrum sich ausbreitet. Ebenso wurde bei Zerstörung der Schläfenwindung in Lucianis Versuchen die zweite Occipitalwindung nicht geschont, wo das Sehcentrum seine Lage hat, auch nicht der Gyrus uncinatus, welcher als Riechcentrum funktioniert. Es ist daher nicht zu verwundern, daß das Bild bei Beschädigung eines Centrums in diesen Versuchen bis zu einem gewissen Grade immer untermischt war mit Erscheinungen, welche der Beschädigung anderer Centra entsprechen.

Bianchi[1]) betrachtet das Sehen als kompliziertes Resultat der Koordination zahlreicher Prozesse, welche ihrer Natur nach verschieden sind. Er unterscheidet bei der Objektperzeption: 1. Lichterregung, 2. eine Reihe bestimmter Bewegungen, und 3. die Koordination dieser beiden Faktoren. So kommt es schließlich zu einer objektiven Einheit, welche im Bildcentrum des Gegenstandes sich vollzieht.

In Übereinstimmung mit der Lehre von Luciani und Tamburini schreibt Bianchi[2]) der zweiten Windung einen hervorragenden Einfluß auf das Sehen zu. Außerdem verbreitet sich das kortikale Sehcentrum über die erste und dritte Primärwindung und die übrigen Teile des Hinterhauptlappens.

Die Zerstörung der gesamten Sehsphäre oder eines beliebigen Teiles derselben bewirkt im allgemeinen die gleichen Erscheinungen. Zur Wiederherstellung des Sehvermögens genügt schon die Integrität eines Teiles der Sehsphäre; die totale Zerstörung der Sehsphäre hat stets anhaltende Sehstörungen zur Folge.

Nach den Angaben von Zacher[3]) können Affektionen des Occipitallappens Rinden- und Seelenblindheit ergeben. Die Rindenblindheit besteht nur im Verlust oder Abschwächung der Lichtvorstellungen, während der Ausfall der Licht- und Raumperzeption, sowie der Ausfall der optischen Erinnerungsbilder der Seelenblindheit zukommt.

Was die Untersuchungen und Anschauungen von Goltz und seiner Schule betrifft, so hatte Goltz in seinen ersten hierbezüglichen

---

[1]) L. Bianchi, La géographie psychologique du manteau cérébral. Revue de psych. clin. et thérap. 1900.

[2]) L. Bianchi, Sulle compensazione funzionale della cortecia cerebrale. La Psychiatria 1883. Ancora sulla doctrina dei centri corticali motori del cervello. La Psychiatria 1885.

[3]) Zacher, Arch. f. Psych. und Nervenh. 1887, Bd. 8.

Mitteilungen[1]) die Behauptung aufgestellt, daß er zu Gunsten einer Lokalisation der Empfindungen ebensowenig überzeugende Beweise finden konnte, wie bezüglich der Lokalisation der Bewegungen. Die beim Hunde bei geringfügigen Beschädigungen der Hirnsubstanz sofort nach der Operation auftretenden Geh- oder anderen Sinnesstörungen können mit der Zeit einen völligen Ausgleich finden. Bei ausgiebigerer Beschädigung des Gehirns werden die Störungen auffallender und die sog. Seelenblindheit kann anhaltend werden. Werden endlich noch größere Gehirnabschnitte exstirpiert, dann wird das Sehen beim Hunde auffallend unzureichend; wenn das Tier auch sieht, Hindernisse umgeht und sich richtig bewegt, so erscheint es dennoch bei oberflächlicher Betrachtung völlig blind. Der Hund erkennt Personen und Gegenstände der Umgebung nicht und verhält sich gleichgültig gegen Vorgänge, welche früher einen großen Eindruck auf ihn machten. Er erkennt sein Futter nicht, scheut nicht die drohende Peitsche, reicht nicht die Pfote, wenn ihm die Hand entgegengestreckt wird usw.

Für diese Sehdefekte liefert nun Goltz eine Erklärung, welche von der Munk's vollkommen abweicht. Nach Goltz's Ansicht werden die gewöhnlichen psychischen Effekte nicht durch optische Eindrücke hervorgerufen, weil die Sinnesimpulse an sich keine hinreichend bestimmten Vorstellungen zu erwecken vermögen, weshalb das Sehen nebelhaft bleibt; die Gegenstände erscheinen dem Tier wie im Nebel, und Goltz meint sogar, daß sie ihm auch farblos, wie ausgeblichen, vorkommen. Die Folge wäre die, daß der Hund ein Fleischstück oder andere Gegenstände nicht der Farbe nach erkennt.

Die Folgeerscheinungen der Gehirnoperation hängen, meint Goltz, bei den Versuchstieren in allen Fällen von der Ausbreitung der gemachten Beschädigung ab, von der Quantität der entfernten Gehirnsubstanz, nicht aber von der Stelle, wo die Beschädigung stattfindet. Tiere, denen nur der Hinterhauptlappen lädiert wurde, zeigen nach Goltz's Angaben die nämlichen Erscheinungen, wie Tiere, welchen man den allervordersten Hemisphärenabschnitt bezw. die sog. motorische Zone der Gehirnrinde beschädigte. Der Hund verfällt nach erfolgter Abtragung einer ausgedehnten Strecke der Gehirnhemisphäre in einen Zustand von Idiotismus; da seine psychische Tätigkeit bis zu einem gewissen Grade beschnitten ist, wird das Tier unfähig zu einer höheren Verwertung und Umarbeitung der anlangenden Sinnesimpulse.

In der Folgezeit hat nun Goltz seine Auffassung wesentlich geändert. Er gestand positiv zu, daß die verschiedenen Lappen des Gehirns nicht eine und dieselbe Funktion haben. Denn die Beschädigung des Scheitellappens wirkt stärker auf die Tastempfindungen, die Zerstörung der Hinterhauptlappen mehr auf das Sehen. Er hält sich selbst nunmehr nicht unbedingt für einen Gegner der Lehre von der Lokalisation der Rindenfunktionen; er steht nur jener Form dieser Lehre ablehnend gegenüber, wie sie von der Mehrzahl der modernen Forscher vorgebracht wird.

Immerhin blieben auch in der Folgezeit zwischen Goltz und seiner Schule einerseits und den Anhängern der Lokalisationslehre andererseits in den allerwesentlichsten Punkten unversöhnliche Gegensätze bestehen,

[1]) Goltz, Pflügers Archiv Bd. 13, 14, 20, 26.

und solche Gegensätze herrschen denn auch zwischen den Anschauungen von Goltz und Munk bezüglich der Lokalisation der Sehstörungen in der Gehirnrinde.

Im ganzen erkennt Goltz zwar einen Einfluß der Occipitalregion der Rinde auf das Sehen an, er konnte sich jedoch nicht von der Existenz einer zirkumskripten Sehregion im Sinne von Ferrier, Munk und Luciani überzeugen.

Zudem sind die Sehstörungen bei Rindenaffektionen bedingt durch Hemmungsvorgänge, sie sind aber nicht eigentlich Folge der Abtragung kortikaler Elemente.

Goltz hat an zwei von ihm operierten Hunden die Unzulänglichkeit der Munk'schen Lehren öffentlich zu demonstrieren versucht. Bei dem einen Hund war anfangs links, dann auch rechts der Stirnlappen zusammen mit den motorischen Centren exstirpiert worden; rechts hatte man außerdem einen großen Teil des Hinterhauptlappens zerstört, links jedoch diesen Lappen unversehrt belassen. Der solchergestalt operierte Hund zeigte keinerlei Spuren von Bewegungsparalyse, er bediente sich seiner sämtlichen vier Gliedmaßen, konnte sich nach rechts und links krümmen, wenn auch seine Bewegungen ungeschickt und plump waren und der Gang schwankend erschien. Die Kopf- und Kieferbewegungen waren erhalten, ebenso die Empfindungen; der Hund knurrte und bellte. Er zeigte jedoch folgende merkwürdige Störung: er konnte später nicht fressen, obgleich gar keine Lähmungserscheinungen an den Apparaten vorhanden waren, welche bei der Nahrungsaufnahme tätig sind; schob man ihm das Futter in den Mund, dann fraß er ohne weiteres. Nach Goltz's Meinung befand sich der Hund überhaupt in einem Zustand schweren Schwachsinnes. Er unterschied nicht die Personen und Tiere in der Umgebung, beachtete keine Gehörseindrücke, reagierte nicht auf Peitsche und Zurufen, der Geruch fehlte, Geschmack war vorhanden. Das Tier erschien vollkommen blind, obgleich die linke Sehsphäre ganz unversehrt, die rechte wenigstens zum Teil erhalten war. Das Tier erschien außerdem taub, trotz Unversehrtheit der Hörsphären.

Dem zweiten von Goltz demonstrierten Hunde waren beide Occipitallappen tief und ausgiebig lädiert worden. Obgleich beide Sehsphären vollkommen vernichtet waren, hatte sich das Sehvermögen des Hundes in einem Grade erhalten, daß er die drohende Peitsche sah und in die hingestreckte Hand biß. Solche Erfahrungen sind nach der Ansicht von Goltz ein Beweis dafür, daß unter Umständen ein Hund bei tiefer und ausgedehnter Beschädigung der vorderen Gehirnabschnitte erblinden kann, während er bei Vernichtung der Hinterhauptlappen nicht notwendig blind zu sein braucht.

Im Falle der Abtragung beider Occipitallappen beobachtete Goltz folgende Erscheinungen.[1]) Der Hnnd ist nicht ganz blind, denn er umgeht alle möglichen Hindernisse. Freilich leidet der Hund an Sehschwäche nnd außerdem an allgemeiner Herabsetzung der Gehör-, Tast- und Geruchsperzeption. Es erscheint ferner schwachsinnig, was besonders deutlich hervortritt bei der Vergleichung mit einem Hunde, welcher durch Enukleation beider Augen geblendet wurde. Trotzdem

[1]) Goltz, Pflügers Archiv, Bd. 42.

der Hund, dem beide Hinterhauptlappen exstirpiert waren, anfangs intelligenter erschien als der Hund, welcher durch Enukleation beider Augen geblendet wurde, erschien dieser jetzt verständig, jener schwachsinnig. Er hatte keine richtige Schätzung seiner Tastempfindungen, reagierte nicht in entsprechender Weise wenn man ihn anblies, trat leicht ins Leere, bewegte sich schwerfällig und stürzte bald beim Treppensteigen. Nichts dergleichen bemerkte man bei dem durch Enukleation der Augenbulbi geblendeten Hunde. Auch das Gehör hatte deutlich gelitten; der am Gehirn verletzte Hund wanderte, wenn man ihn anrief, ziellos auf und ab, der Hund ohne Augen ging direkt auf den Ton los. Jedoch erfolgen die Bewegungen des Gehirnhundes regelrecht. Er gebraucht seine Vorderpfoten zum Festhalten des Knochens, kann die Pfote reichen, ganz im Gegensatz zu einem Hunde, dem die Vorderlappen des Gehirns lädiert werden. Zu bemerken wäre noch, daß die ihrer hinteren Gehirnpartien beraubten Hunde sanft und zahm erschienen, selbst wenn sie vorher bösartig waren.

Selbst der Hund, dem Goltz die gesamten Hirnhemisphären mit einem Teil der Sehhügel exstirpierte, war nach meiner Meinung nicht ganz blind. Denn die Pupillenreaktion war erhalten und bei plötzlicher greller Belichtung kehrte das Tier den Kopf seitwärts.

Dennoch vermochte dieser Hund sich nicht zu orientieren. Er bemerkte nicht einen vor ihm stehenden Vogel, stieß an Hindernisse an, erkannte weder Menschen noch Hunde.

Munk bestreitet auch in diesem Fall die Richtigkeit der Goltzschen Auffassung.

Seiner Meinung nach sind alle Erscheinungen, welche Goltz bei den operierten Hunden als Äußerungen von Sehen, Hören, Schmecken, Tasten auffaßt, in Wirklichkeit nicht bewußte, sondern reflektorische Abwehrbewegungen.

Die Sinnesorgane, welche durch mäßige Reize angeregt, dem Tiere das Erkennen der Außenwelt ermöglichen, werden nach Munk's Darstellung von übermäßiger Erregung dadurch bewahrt, daß in diesem Fall ohne jede Beteiligung von Empfindungen allgemeine Abwehrreflexe auftreten, welche die Reizquelle beseitigen und zugleich Allgemeingefühle angeregt werden, wodurch den Reflexen bewußte Willkürbewegungen zu Hilfe kommen.

Munk stellt also das Vorhandensein irgendwelcher Empfindungen bei den operierten Hunden ganz in Abrede. Nach seiner Meinung kommen solchen Tieren nur Gemeingefühle und bewußte Willkürbewegungen zu.

Goltz's kritisches Verhalten zur Lehre von den Rindenlokalisationen und speziell zur Lokalisation eines Sehcentrums in der Rinde des Hinterhauptlappens tritt auch in den Auffassungen von Loeb, ursprünglich ein Goltz'scher Schüler, hervor.[1]) Loeb sucht vor allem zwei Hauptfragen zu entscheiden: 1. Gibt es eine Lokalisation der Sehstörungen in der Hemisphärenrinde, bezw. gibt es eine Region in der Rinde, deren Abtragung notwendig und ausschließlich von Sehstörungen gefolgt wird? 2. Worin liegt das Wesen der Sehstörungen, welche nach Beschädigungen der Gehirnrinde auftreten?

---

[1]) J. Loeb, Pflügers Archiv 1884, 1885.

Zum Nachweise der Unzulänglichkeit von Munk's Lehre exzidierte Loeb einem Hunde, der nur ein linkes Auge hatte, die Stelle des Deutlichsehens A[1] in der Rinde des rechten Occipitallappens. Trotzdem sah das Tier, wie es schien, nach wie vor mit der Stelle des deutlichen Sehens. Einem anderen Hunde entfernte Loeb die Rinde beider Sehsphären. Nach dieser Operation blieben die Stellen des Deutlichsehens ebenfalls unversehrt; ein Defekt bestand nur in den Seitenteilen des Sehfeldes, welche in diesem Fall nach Munk die allein sehenden sind. In allen übrigen analogen Versuchen funktionierte die Stelle des Deutlichsehens immer am besten. Daraus zieht Loeb den Schluß, daß Munk's Behauptung, die Fortnahme der Stelle A[1] in der Hemisphäre mache den Hund blind, vollkommen falsch ist.

Von 11 Hunden, welchen Loeb das Feld A[1] mit mehr oder minder ausgiebiger Beschädigung der Nachbarschaft fortnahm, zeigten 7 eine halbseitige Sehstörung; die übrigen wiesen überhaupt keine Veränderungen des Sehvermögens auf.

Im ganzen erzielte Loeb [1]) in seinen Versuchen bei Exzision der Sphäre A[1] und der übrigen gesamten Sehsphäre ungleichmäßige und durchweg nicht hinreichend bestimmte Resultate. Er gelangt deshalb zu dem Schluß, jede beliebige Stelle der Rinde des Hinterhauptlappens könne entfernt werden, ohne daß die geringsten Sehstörungen auftreten.

Jedoch beobachtete Loeb, im Gegensatze zu Goltz, in einzelnen Fällen auch totale Erblindung bei der Zerstörung beider Sehsphären. Seine Erklärungen zu diesem Gegenstand sind aber nicht ganz bestimmt. Er beruft sich in diesem Fall auch auf den Einfluß von Hemmungen und selbst auf chemische Wirkungen, welche durch traumatische Läsionen in den subkortikalen Regionen entstehen sollen.

Seine weiteren Ausführungen über diese Verhältnisse laufen dann auf folgendes hinaus. Jede Stelle der Rinde des Hinterhauptlappens einschließlich des Sehcentrums kann exzidiert werden, ohne daß irgendwelche Sehstörungen aufzutreten brauchen. In jenen vorerwähnten Fällen, wo Sehstörungen beobachtet wurden, äußerten sie sich stets als homonyme laterale Hemiamblyopie und zwar kontralateral zur lädierten Seite. In allen Fällen von ein- und zweiseitiger Hemiamblyopie endlich sehen die Tiere am besten mit dem Orte des Deutlichsehens.

Nach Zerstörung des Parietal- und Temporallappens hatte Loeb ebenfalls ungleichmäßige Resultate bezüglich des Sehens. In einigen Fällen waren Sehstörungen vorhanden, in anderen nicht.

Was die Munk'sche Seelenblindheit betrifft, so unterwirft Loeb die ganze hierhergehörige Lehre einer ungemein heftigen Kritik. Er bezeichnet die ganze Sache als Metaphysiologie. Auch die Annahme von Goltz, daß die seelenblinden Tiere alles in grau sehen, hält er nicht für zutreffend. Diese Sehstörungen beruhen nach seiner Ansicht einfach darauf, daß das Tier einen gewissen Teil des Sehfeldes unversehrt behält, aber infolge von Schwachsinn und der bestehenden Unruhe sich desselben nicht bedienen kann vermittelst entsprechender Körperbewegungen, wie dies beim gesunden Tier der Fall ist.

Alle diese Erklärungen Loeb's sind natürlich von Munk in ent-

---

[1]) J. Loeb, Sehstörungen nach Verletzung der Großhirnrinde. Pflügers Archiv. Bd. 34.

sprechender Weise abgewiesen worden, doch kann ich auf alle Einzelheiten dieses Streites nicht eingehen, nachdem MUNK's Anschauungen im Vorstehenden bereits eine hinreichend ausführliche Darstellung gefunden haben.

Bestritten wird von LOEB[1]) unter anderem auch MUNK's Angabe betreffend die Rehabilitierung des Sehvermögens durch Übung bei Tieren mit Beschädigung der Rinde des Hinterhauptlappens. Er hielt die operierten Tiere im Dunkelkasten, und trotzdem dabei keine Scheindrücke vorhanden waren ging die Rehabilitierung des Sehvermögens im Laufe der Zeit wie gewöhnlich von statten.

Als weitere Gegner von MUNK's Lehre sind CHRISTIANI[2]) und GUDDEN[3]) aufgetreten.

CHRISTIANI erklärte, daß Kaninchen, denen er die Gehirnhemisphäre mitsamt dem Corpus striatum exstirpierte, gehen können, ohne Erscheinungen von Blindheit zu zeigen. Hält man die Tiere von Reizen fern, dann schlafen sie meist ein, sie erwachen aber spontan und gehen umher. Sie zeigen zugleich eine gesteigerte Erregbarkeit gegenüber akustischen Reizen.

Wenn CHRISTIANI nicht gerade der Meinung ist, daß Tiere ohne Hemisphären dennoch sehen, wie normale, so bestehen trotzdem zwischen ihm und MUNK in dieser Beziehung unversönliche Gegensätze. MUNK fand, wie wir sahen, die der Hemisphären beraubten Kaninchen total blind, während CHRISTIANI annimmt, daß optische Eindrücke bei derartig operierten Kaninchen noch auf die im Thalamus eingelagerten Reflex- und Koordinationscentra einwirken, wodurch solche Tiere zur Ausführung willkürlicher Bewegungsakte befähigt werden sollen.

CHRISTIANI's Beobachtung, daß hemisphärenlose Tiere noch Hindernisse umgehen, führte MUNK auf bloßen Zufall zurück, z. B. auf Reitbahnbewegungen, wenn das Hindernis sich zufällig in der Mitte des von dem Tier beschriebenen Kreises befand. CHRISIANI weist jedoch diese Erklärung zurück, da er bei seinen Versuchstieren keine Kreisbahnbewegungen beobachtete.

GUDDEN äußert sich gegen Lokalisation der Rindenfunktionen vor allem auf Grund seiner anatomischen Befunde und experimentellen Ergebnisse an neugeborenen oder sehr jungen Tieren. GUDDEN betont die Notwendigkeit eines genauen anatomischen Stadiums der Gehirnrinde und insbesondere des Faserverlaufes, ehe man zur Frage der funktionellen Lokalisation in der Gehirnrinde schreitet. Er weist dadauf hin, daß jedes physiologische Resultat an Bedeutung verliert, sobald es mit unbezweifelbaren anatomischen Tatsachen irgendwie in Widerspruch steht.

In anatomischer Beziehung macht er folgende Tatsachen namhaft:

Bei einer ganzen Reihe von Tieren besteht ein bestimmtes Verhältnis zwischen der Ausbildung des Lobus, des Bulbus und des Nervus olfactorius: und dennoch findet man nach der Exstirpation beider Bulbi olfactorii beim 7—8tägigen Kaninchen deren Lobi olfactorii normal

[1]) J. LOEB, Beiträge zur Physiologie des Großhirns. Pflügers Archiv, Bd. 39.

[2]) A. CHRISTIANI, Zur Physiologie des Gehirns. Berlin 1885.

[3]) GUDDEN, Jahresversamml. d. Vereins d. Irrenärzte zu Baden 1886. Allg. Zeitschr. f. Psych. 1886, S. 478ff.

entwickelt. Wenn ihre Rinde ausschließlich im Dienste der Riechfunktion stehen würde, dann müßten sie unzweifelhaft atrophisch werden. Gudden weist ferner darauf hin, daß die Abtragung oder Zerstörung anderer Sinnesorgane, wie z. B. die Enukleation des Augapfels, die Zerstörung des Gehörganges mit Vernähung der Haut über demselben und Durchschneidung des Nervus acusticus, die Durchschneidung des Trigeminus und anderer sensibler Nerven, sowie die Durchschneidung motorischer Nerven bei neugeborenen Tieren im Laufe der Zeit bezw. während der Entwicklung der Tiere keine Atrophie irgendwelcher Rindenpartien nach sich zieht. Nach Exstirpation einer ganzen Hemisphäre bei neugeborenen Tieren zusammen mit dem Corpus striatum findet man ebenfalls keine konsekutive Atrophie im Tractus und Nervus opticus, auch nicht in den Kernen des Gehirnstammes. Die weitere Entwicklung solcher Tiere verlief völlig normal: „sie sehen, hören, empfinden und bewegen sich, wie nicht operierte Tiere“ und es bestand in den angegebenen Beziehungen „nicht der geringste Unterschied zwischen beiden Seiten“.

In anderen Fällen exzidierte Gudden neugeborenen Kaninchen beide Hinterhaupt- und Scheitellappen zu gleicher Zeit. Auch diese Tiere zeigten nach der Operation einen ungestörten Entwicklungsgang: „sie sahen, hörten, empfanden und bewegten sich wie normale Kaninchen.“ Ein Unterschied war höchstens darin zu bemerken, daß die Bewegungen der operierten Tiere einen mehr impulsiven Charakter darboten als die der nichtoperierten.

Was die Fähigkeit solcher Tiere, zu sehen und das Gesehene psychisch zu verarbeiten betrifft, so war es eine müßige Frage, ob sie Hindernisse umgehen können oder nicht. Denn in der Freiheit waren die Tiere schwer zu fangen, schon von weitem scheuten sie die Hand, hüpften Treppauf, Treppab usw.

Als man die Tiere, nachdem sie ausgewachsen waren, sezierte, wurde konstatiert, daß sie nicht einmal Spuren einer Sehsphäre hatten.

Wenn man neugeborenen Tieren beide Gehirnhemisphären fortnahm, dann zeigten sich schon gewisse Unterschiede von den vorigen. Sie blieben im Wachstum zurück und zeigten Erscheinungen von Idiotismus, wenn auch alle Empfindungen größtenteils perzipiert und psychisch verarbeitet wurden und auch in den Bewegungen psychische Impulse nicht fehlten.

Auf Grund dieser und anderer anatomischer Befunde nimmt Gudden nun an, daß die Gehirnfunktionen nur an zwei Hauptgebieten der Gehirnrinde lokalisierbar sind: eines für motorische, ein zweites für sensible Vorstellungen.

Es ist jedoch zu bemerken, daß die anatomischen Verhältnisse, auf welche Gudden sich in seinen Endsätzen beruft, wenigstens bezüglich des Verhaltens der Sehsphäre zu den primären Centren des Tractus opticus, in einem Widerspruch stehen zu den Befunden Monakow's. Dieser hat bekanntlich nachgewiesen, daß nach Abtragung der Sehsphäre bei neugeborenen Tieren Atrophie der primären Sehcentra (vorderer Vierhügel, lateraler Kniehöcker), sowie des Tractus opticus eintritt. Andererseits kommt es nach Zerstörung der Opticusfasern im Bereiche der inneren Kapsel zur Atrophie der Pyramidenzellen der Sehsphäre.

Was die physiologischen Beobachtungen Gudden's betrifft, so wäre darauf hinzuweisen, daß seine Versuche an neugeborenen Tieren bezüglich der Resultate weitaus nicht dem Experiment am erwachsenen Tier gleichwertig zu erachten sind. Gudden hat diesen Einwand offenbar selbst vorausgesehen, und um ihn wirksam abzuweisen, beruft er sich zugleich auf seine Befunde nach Abtragung der Gehirnrinde bei erwachsenen Tieren, welche zu dem gleichen Resultat geführt haben sollen. Gudden erklärt jedoch, daß er zu seinen Versuchen halberwachsene, oder zu einem Drittel erwachsene bevorzugte, was jedoch nicht ein und dasselbe ist.

Bezüglich der Frage des Sehcentrums schildert Gudden das Ergebnis des Experimentes an zwei (ebenfalls halberwachsenen) Hunden, denen er nicht die ganze, wohl aber einen großen Teil der Sehsphäre abtrug. Die Tiere zeigten keine Erscheinungen von Hemianopsie.

Nach der Meinung Munk's[1]) ist in Gudden's Versuchen die Sehsphäre nicht vollständig exzidiert worden, was das Ergebnis des Experiments hinreichend erklären würde.

d) Die Untersuchungen von Lannegrace.

Von neueren Arbeiten, welche die kortikalen Sehcentra betreffen, verdienen diejenigen von Lannegrace eine besondere Beachtung.[2]) Die wesentlichen Ergebnisse derselben sind kurz folgende:

1. Das Rindenfeld, dessen Beschädigung Sehstörungen zu bewirken vermag, hat eine beträchtliche Ausdehnung. Es erstreckt sich fast über die gesamte konvexe Gehirnoberfläche.

2. Die Sehstörungen kortikalen Ursprungs können in zwei Formen auftreten: als homonyme Hemiopie (Hemianopsie) und als gekreuzte Amblyopie.

3. Die Natur der Sehstörung hängt ab von dem Orte der Läsion. Die Gehirnoberfläche enthält zwei Gebiete: ein sehr ausgedehntes hemiopisches Gebiet, welches nahezu die ganze Hemisphärenoberfläche okkupiert, aber seinen Hauptsitz im Occipitallappen hat, und ein amblyopisches Gebiet, welches, von geringerer Ausdehnung, in dem Stirnlappen und ganz besonders im Scheitellappen sich konzentriert.

4. Amblyopie ist ziemlich verbunden oft mit sensiblen und trophischen Störungen des kontralateralen Auges. Die kortikale gekreuzte Amblyopie wird von Lannegrace geradezu als Folge einer Läsion der kortikalen sensiblen Augengebiete dargestellt.

Außerdem stellt Lannegrace auf Grund seiner an Affen ausgeführten Versuche folgende Sätze auf:

1. Die Zerstörung des Occipitallappens allein übt anscheinend keinen Einfluß auf das Sehen (in Übereinstimmung mit Ferrier und Jeo und entgegen Munk);

2. Die isolierte Beschädigung des Gyrus angularis bewirkt kontralaterale Sehstörungen, und zwar anscheinend gekreuzte Blindheit, welche jedoch nicht sehr auffallend und von vorübergehender Natur ist;

---

[1]) H. Munk, Sitz.-Ber. d. Preuß. Akad. d. Wiss. 1889, Bd. 31.

[2]) Lannegrace, Influence des lésions corticales sur la vue. Arch. de méd. expérim. et d'anat. pathol. Paris 1889.

3. Die Beschädigung des Hinterhauptlappens und des Gyrus angularis auf derselben Seite bewirkt Sehstörungen an beiden Augen, und zwar anscheinend gekreuzte partielle Amaurose neben homonymer Hemianopsie (übereinstimmend mit Ferrier und Jeo).

4. Die Zerstörung der Rolando'schen oder Centralwindung scheint ebenfalls Sehstörungen zu bewirken.

5. Die Zerstörung der Gyri angulares nach einander scheint keinen Verlust des Sehvermögens zu bedingen.

6. Die Zerstörung beider Occipitallappen bewirkt partiellen Verlust des Sehvermögens, sondern nur vorübergehende Sehstörungen.

7. Die Zerstörung beider Occipitallappen samt einem Gyrus angularis bewirkt keine totale Vernichtung des Sehvermögens (übereinstimmend mit Ferrier).

8. Die Zerstörung beider Occipitallappen und beider Gyri angulares führt nicht notwendig zu totaler Blindheit (wie dies Ferrier und Jeo behaupten).

Schon aus diesen Sätzen ist leicht zu erkennen, daß die Ergebnisse von Lannegrace's Versuchen an und für sich noch viel Unklares übrig lassen und die Gegensätze zwischen Ferrier's und Munk's Befunden wesentlich nicht ausgleichen.

Es bleibt bei diesen, wie auch bei Ferrier's Versuchen, völlig unklar, warum die Beschädignng des Hinterhauptlappens und des Gyrus angularis gekreuzte Amaurose mit homonymer gekreuzter Hemianopsie bewirkt, während die Beschädigungen des Occipitallappens allein ohne wesentlichen Einfluß auf das Sehvermögen bleibt und die isolierte Läsion des Gyrus angularis und eine geringfügige und kurzdauernde gekreuzte Amblyopie hervorruft.

Lannegrace liefert eine ganz eigenartige Erklärung für die Entstehung der gekreuzten Amblyopie.

Nach seiner Darstellung besteht der Sehapparat aus zwei Teilen: 1. aus einem sensiblen Apparat, welcher als Vermittler der optischen Perzeption funktioniert, und 2. aus einem sensitiv-motorischen Apparat. Dieser spielt eine Art akzessorische Rolle: er unterstützt den sensiblen Apparat und wirkt zugleich auf die Gefäße der Chorioidea und übt einen großen Einfluß auf die Ernährung der Netzhaut. Die homonyme Hemianopsie (Hemiamaurose) nun ist nichts anderes, als Folge einer Affektion des ersten, also des sensiblen Apparates. Die gekreuzte Amblyopie dagegen beruht auf Alterationen des zweiten, also des sensitiv-motorischen Apparates. Demnach erscheint die gekreuzte Amblyopie nach Lannegrace's Darstellung als Folge einer Ernährungsstörung der Retina, welche als Begleiterscheinung einer Störung der Sensibilität des Auges auftritt.

Zu gedenken ist hier noch der Untersuchungen von Dr. Zeleritzki[1]) über den Occipitallappen des Hundes (aus Merzejewski's Laboratorium). Er beobachtete bei der Exstirpation des Occipitallappens des Hundes gekreuzte Amblyopie, steht also hierin in vollem Gegensatz zu den Ergebnissen von Munk.

---

[1]) Zeleritzki, Diss. St. Petersburg; vgl. auch Vrač 1889, Nr. 5.

e) Die Rolle der einzelnen Rindenfelder im Sehakt. Untersuchungen von E. Hitzig.

Es spielen aber nicht der Hinterhaupt- und Scheitellappen allein beim Sehen eine Rolle. Auch die Beschädigung anderer Rindenregionen übt auf das Sehvermögen Einfluß, ein Punkt, welchen Luciani ganz besonders betont hat.

Nach den Angaben von Luciani und Seppilli kann die Exstirpation fast aller Teile der Außenfläche der Gehirnrinde Sehstörungen hervorrufen. Das Gebiet des eigentlichen Seheentrums ist zwar ein beschränktes, jedoch haben auch die umgebenden Teile in dieser Beziehung eine gewisse Bedeutung. Luciani und Seppilli treten gegen Munk's Darstellung deshalb auf, weil zweiseitige homonyme Hemianopsie nicht nur bei Läsionen der Rinde des Hinterhauptlappens, sondern auch bei Läsionen des Scheitellappens und sogar des Schläfenlappens vorhanden sein kann. Außerdem verschwinden mit der Zeit die Sehstörungen, welche durch Abtragung der Munk'schen Sehsphäre auftreten, und dies sogar im Falle doppelseitiger Operation. Endlich lassen sich bei doppelseitiger Läsion von Munk's Sehsphäre keine Erscheinungen partieller Amaurose beobachten.

Auffallende Sehstörungen findet man unzweifelhaft auch nach Läsionen im vorderen Hemisphärenbereich und zwar im Gebiete des Gyrus sigmoideus, worauf namentlich Hitzig in seinen hierbezüglichen Arbeiten Nachdruck legt.

In einer neueren Arbeit über das Seheentrum der Gehirnrinde verweilt Hitzig vor allen bei der Tatsache, daß fast alle Anhänger der Lokalisationslehre, wie z. B. Luciani, Bianchi, Exner, Porneth u. A. einstimmig der Meinung sind, daß Beschädigung der vorderen Hälfte oder eines lebendigen anderen Teiles der Gehirnrinde des Hundes ganz ähnliche Sehstörungen nach sich ziehen, wie Läsionen im Gebiete der eigentlichen Sehsphäre. Man ist über diesen Umstand entweder einfach hinweggegangen, oder er hat zur Entstehung von Theorien geführt, welche zwischen den beiden Hauptlehren, die die Lokalisation der Gehirnfunktionen behandeln, gewissermaßen in der Mitte stehen.

Hitzig selbst hat schon längst das Auftreten von Sehstörungen selbst bei zirkumskripten Läsionen der Vorderlappen des Hundegehirns bemerkt. Es handelt sich offenbar darum, nachzuweisen, ob der Hund nur ein einziges Sehcentrum hat oder ob deren mehrere vorhanden sind, in welchem Falle eines derselben in das Bereich der Vorderlappen des Gehirns fallen würde.

In Beziehung auf diese letztere Annahme weist Hitzig[1]) mit Recht darauf hin, daß die sukzessive Beschädigung der verschiedenen zum Sehen dienenden Rindenfelder notwendig zu einer Summation der bestehenden oder verschwundenen Sehstörungen führen müßte. Im erstgenannten Fall, d. h. bei Vorhandensein nur eines einzigen Sehcentrums, ist diese Möglichkeit ausgeschlossen.

---

[1]) E. Hitzig, Über das kortikale Sehen des Hundes. Arch. f. Psych. Bd. 33, H. 3.

Munk[1]) hat bekanntlich darauf Nachdruck gelegt, daß die Sehstörungen, welche man bei Rindenläsionen findet, die nicht die eigentliche Sehsphäre betreffen, in Wirklichkeit auf einer Mitbeschädigung dieser Sphäre beruhen, daß also Fehler der Operationstechnik dafür verantwortlich zu machen sind.

Zur Untersuchung des Sehens beim Hunde empfiehlt Hitzig ganz besonders seinen schwebenden Apparat[2]), welcher sich vorzüglich eignet zur Prüfung von Störungen der Motilität, der Sensibilität, des Sehvermögens, wobei durch Ablenkung der Aufmerksamkeit des Tieres das Gesichtsfeld ganz ähnlich wie beim Menschen perimetriert werden kann.

Auf Grund seiner Versuche ist Hitzig im Gegensatz zu Exner und Paneth[3]) zu der Einsicht gelangt, daß Sehstörungen und Bewegungsstörungen beim Hunde selbst nach einfacher Entblößung der Pia mater im Bereiche des Gyrus sigmoideus auftreten können. Es verschwand dabei auch der optische Reflex.

Dagegen bewirkte die Ablösung der Pia im Occipitalgebiet der Hemisphäre, wenngleich Sehstörungen auftraten und der optische Reflex verschwand, dabei keinerlei Störungen der Motilität.

Selbstverständlich waren die Störungen in dem einen, wie in dem anderen Fall weniger erheblich und weniger anhaltend, als unter der Bedingung, wenn die Pia mater mitsamt der subpialen grauen Substanz beschädigt wurde.

Nach den Angaben Hitzig's[4]) kommt es bei Beschädigungen des Gyrus sigmoideus konstant zu Sehstörungen und zum Verschwinden der optischen Reflexe. Die Störung dieser Reflexe beruhe dabei auf Läsionen des Orbiculariscentrums und ist bei Abtragung desselben konstant zu beobachten. Ebenso führt die Beschädigung dieses Centrums und noch häufiger diejenige seiner vor und seitlich von ihm belegenen Nachbargebiete (Rest des Facialiscentrums von Hitzig) zur Störung des Nasenlidreflexes, während der vordere Schenkel der zweiten, dritten und vierten Windung einschließlich des vorderen Teiles der weißen Substanz und der Capsula interna, ohne Hervorrufung von Störungen irgendwelcher Augenreflexe lädiert werden kann.

Mit Rücksicht auf diese Verhältnisse äußert sich Hitzig mit voller Entschiedenheit in dem Sinne, daß die erwähnten Sehstörungen nicht, wie dies Munk's Meinung ist, mit einer unbeabsichtigten Beschädigung der Sehsphäre zusammenhängen können.

Eine andere Frage, welche Hitzig zu lösen versucht, ist die, ob Hunde, welche sich von den Sehstörungen infolge ausgedehnter Läsionen der Sehsphäre erholt haben, nach Abtragung des Gyrus sigmoideus neue und vielleicht noch beträchtlichere Sehstörungen erhalten.

Es stellte sich ihm in dieser Beziehung folgendes heraus. Wenn

---

[1]) Munk, Über die Ausdehnung der Sinnessphären in der Großhirnrinde. Sitz.-Ber. 1899, Bd. 52.

[2]) E. Hitzig, Über die Funktionen des Großhirns. Berl. klin. Wschr. 1886, Nr. 40.

[3]) Exner u. Paneth, Über Sehstörungen nach Operationen im Bereiche des Vorderhirns. Pflüger's Archiv 1886.

[4]) E. Hitzig, Arch. f. Psych. Bd. 36, H. 1, S. 94. — Siehe auch E. Hitzig, Physiol. und klinische Untersuchungen über das Gehirn. Berlin 1904.

man bei einem Tier durch Zerstörung von MUNK's occipitaler Sehsphäre A' eine Sehstörung hervorruft und abwartet, bis diese Störung vergangen ist, dann bewirken oberflächliche Läsionen des Gyrus sigmoideus keine neuen Sehstörungen; tiefere Läsionen dagegen erzeugen neue Sehstörungen, welche jedoch mit der Zeit wieder verschwinden können.

Auf Grund dieser Experimente gelangt HITZIG zu dem Schluß, daß ein zweites kortikales Sehcentrum, wenn der Hund überhaupt ein solches hat, im Gyrus sigmoideus nicht vorhanden ist.

Da dabei selbst unabsichtliche Läsionen der occipitalen Sehsphäre A' sich ausschließen lassen, so drängt das Auftreten von Sehstörungen nach primären Beschädigungen des Gyrus sigmoideus zu der Annahme, daß direkte oder indirekte Verbindungen zwischen dieser Windung und der occipitalen Sehsphäre vorhanden sein müssen, durch welche ein durch die Operation gesetzter Reiz auf die Sehsphäre übertragen wird und dort vorübergehende Sehstörungen verursacht.

HITZIG gelangte ferner zu der Einsicht, daß man nach vorheriger Zerstörung des Gyrus sigmoideus die MUNK'sche Sphäre A' zerstören, abtragen oder unterminieren kann, ohne daß Spuren einer Sehstörung auftreten. Wenn man jedoch die Sphäre A' primär lädiert, dann stellen sich konstant hochgradige und ziemlich anhaltende Hemiopien ein.

Aus allem dem zieht HITZIG folgende Schlußsätze:

1. Die Sphäre A' kann nicht die Bedeutung eines Sehcentrums im eigentlichen Sinn des Wortes haben. Denn sonst müßten unter allen Umständen erhebliche und ziemlich lange anhaltende Sehstörungen auftreten. In Wirklichkeit aber beobachtet man dies nur bei primären Läsionen dieser Gegend. Oberflächliche sekundäre Affektionen derselben bleiben dagegen ganz oder fast ganz von Sehstörungen unbegleitet.

2. Die Sphäre A' muß sich zu dem Sehcentrum in ähnlicher Weise verhalten, wie der Gyrus sigmoideus, da die Tätigkeit des Sehcentrums durch Affektionen dieser Windung vorübergehend beschränkt bezw. aufgehoben wird.

Schwieriger zu lösen ist die Frage, warum der Sehapparat bei primären Läsionen der Sehsphäre hochgradig in seiner Funktion beeinträchtigt wird und warum bei vorheriger Abtragung des Gyrus sigmoideus eine Art Immunität gegen primäre Operationen im Bereiche der MUNK'schen A'-Sphäre auftritt. HITZIG liefert keine positive Entscheidung dieser Frage. Er nimmt aber an, daß ein bestimmter Mechanismus unter Beteiligung subkortikaler Centra hierbei wirksam sein möchte.

Nach seiner Meinung vollzieht sich der Hauptteil dessen, was man beim Hunde sehen nennt, nicht in der Rinde, sondern in den subkortikalen Opticuscentren, welche bei Zerstörung des Gyrus sigmoideus und des occipitalen Teiles der Gehirnrinde eine vorübergehende Störung ihrer Funktion erleiden.

Sobald sie aber ihre Tätigkeit wieder aufnehmen, erhalten sie eine gewisse Unabhängigkeit von der Gehirnrinde, so daß Läsionen bestimmter Teile dieser letzteren nun ohne Einfluß auf das Sehen bleiben.

Die Sphäre A' funktioniert bekanntlich nach der Ansicht MUNK's als Stelle des deutlichen Sehens. Dort sollen optische Erinnerungsbilder bei dem beständigen Zufluß bewußter Perzeptionen abgelagert werden von einem centralen Punkte in immer weiteren Kreisen. Deshalb führe

die Abtragung des Rindengebietes A' zur Seelenblindheit im Bereiche des deutlichen Sehens.

Hitzig nun bestreitet die Richtigkeit dieser Auffassung bezüglich der lokalen Ablagerung optischer Erinnerungsbilder. Wenn man beim Hunde eine Sehstörung erzeugt hat, dann besteht nach Hitzig's Angaben in der erdrückenden Mehrzahl der Fälle eine hemiopische Störung unabhängig von der Lage der Affektion.

In Ausnahmefällen beobachtete Hitzig übrigens auch Quadrantenanopsie. Ohne auf das Verhältnis der von Munk als Seelenblindheit aufgeführten Erscheinung zu dem Rindenfelde A' näher einzugehen, weist Hitzig mit Recht darauf hin, daß die Stelle A' nicht als Rindenpunkt für das deutliche Sehen funktionieren kann, wenn sie ohne Eintritt besonderer Sehstörungen lädiert werden darf.

In einer weiteren Arbeit beschäftigt sich Hitzig [1]) mit der Frage nach der Bedeutung der Gebiete der Hirnrinde, welche auf das Sehen Einfluß üben, speziell des Gebietes des Gyrus sigmoideus und der von Munk in der Occipitalrinde angegebenen Stelle A'.

Wären in der Rinde mehrere Gebiete da, die zum Sehen dienen, dann müßte deren sukzessive Zerstörung, wie gesagt, die Sehstörungen steigern, welche nach der ersten Operation sich einstellen. Dagegen konnte Hitzig experimentell feststellen, daß die Zerstörung des Gyrus sigmoideus zu einer Zeit, wenn die von A' aus gesetzten Sehstörungen nachgelassen haben oder verschwunden sind, zwar gewöhnlich Sehstörungen bewirkt, aber die durch den ersten Eingriff bedingten Störungen keineswegs steigert.

Macht man den umgekehrten Versuch, d. h. zerstört man zuerst die Region des Gyrus sigmoideus und einige Zeit später die Sphäre A', so kommt es überhaupt zu keiner Sehstörung oder es sind ausnahmsweise geringfügige vorübergehende amblyopische Erscheinungen zu beobachten.

Ein ganz analoges Verhältnis, wie zwischen dem Gyrus sigmoideus und A' fand Hitzig zwischen den Sehsphären beider Seiten. Im Falle der Zerstörung der rechten Occipitalregion tritt, wie Hitzig nicht selten feststellen konnte, die entsprechende Hemianopsie nicht ein, wenn vorher eine vorübergehende Hemianopsie durch Beschädigung der linken Occipitalregion erzeugt worden war.

Offenbar beruht diese optische Immunität jeder Operation gegen das Eintreten von Sehstörungen darauf, daß das wirkliche Centrum weder an der einen noch an der anderen Rindenstelle vorhanden ist. Die Sehstörungen, welche durch Rindenoperation bedingt werden, kommen nach Hitzig's Meinung durch eine Funktionshemmung des wahren Centrums zu Stande.

Ob es sich dabei um Funktionshemmung eines kortikalen oder subkortikalen Centrums handelt, diese Frage sucht Hitzig zu entscheiden durch das Verhalten des Lidschlußreflexes bei den Rindenoperationen. Im Falle der Zerstörung des Gyrus sigmoideus verschwindet nämlich, wie Hitzig nachweist, dieser Reflex auf lange Zeit und bleibt einige Zeit selbst nach dem Verschwinden der Sehstörung aus. Bei Zerstörung der Stelle A' dagegen erfährt dieser Reflex anfangs gewöhnlich gar keine Herabsetzung; er wird erst mit der Zeit mehr oder

[1]) E. Hitzig, Berlin. klin. Wochenschr. 1900.

weniger anhaltend unterdrückt und erscheint nicht selten um eine Zeit, wo die Sehstörungen sich bereits ausgoglichen haben, noch geschwächt.

Die Erhaltung oder das Fehlen des Lidreflexes steht offenbar in keiner direkten Abhängigkeit von der Sehstörung.

Zugleich geht aus den obigen Versuchen hervor, daß im Falle einer Beschädigung des Gyrus sigmoideus nicht allein das Sehen leidet, sondern auch die mit dem Sehakt im Zusammenhang stehenden motorischen Funktionen Einbuße erleiden. Da nach Zerstörung des Gyrus sigmoideus eine anhaltende Hemmung des Lidreflexes eintritt, während die eigentliche Sehstörung dabei in der Mehrzahl der Fälle nur vorübergehender Natur ist, so kann es sich nach Hitzig hier nicht um eine Hemmung des kortikalen Sehcentrums handeln. Der Umstand hinwiederum, daß die Zerstörung des kortikalen Sehcentrums zur Vernichtung des Lidreflexes führt, ohne irgend welche andere Störungen der Funktion der motorischen Zone der Gehirnrinde zu bewirken, drängt zu der Annahme, daß es sich auch in diesem Falle nicht um bloße Hemmung der kortikalen Bewegungscentra handeln kann.

Aus allen diesen Erwägungen gelangt Hitzig zu dem Schluß, daß in dem einen, wie in dem anderen Fall eine funktionelle Hemmung nicht kortikaler, sondern subkortikaler Centra bestehen muß.

Diese Funktionshemmung im Bereiche der subkortikalen Centra liefert eine Erklärung sowohl für die Störungen des Augenreflexes, als auch für die eigentliche Sehstörung.

Daher verschwindet der Augenreflex nicht mit einem Mal bei Läsionen der Sphäre A'. Denn anfänglich erstreckt sich die Hemmung über das subkortikale Sehcentrum, später erst geht sie auf das subkortikale Reflexcentrum über. Liegt aber der Fall einer Läsion des Gyrus sigmoideus vor, dann ist die Hemmung lebhafter im subkortikalen motorischen Centrum, als im subkortikalen Sehcentrum.

Um die Erscheinungen zu erklären, welche im Gefolge von Läsionen der Sehsphäre auftreten, nimmt Hitzig schließlich den Einfluß von Hemmungen an. Ohne die Beziehungen der Sphäre A' zum Sehen zu bestreiten, betont er die Unklarheit unserer Kenntnisse darüber, worin diese Beziehungen bestehen. Wahr ist nur, daß Zerstörungen dieser Rindenzone zu einer Hemmung der subkortikalen Opticusgebiete führen, es fällt hier aber schwer, die direkte Rindenstörung von der indirekten subkortikalen Störung genauer abzugrenzen.

Diese Erklärung ist aber noch nicht geeignet, alle Fragen, welche die kortikalen Sehstörungen betreffen, vollkommen zu erschöpfen. Wenn die Abtragung der Rindenstelle A' eine Hemmung des subkortikalen Sehcentrums bewirkt, durch welches der Lidschlußreflex hindurch geht, so ist nicht einzusehen, warum in diesem Fall der Reflex nicht sogleich erlischt; denn dies müßte sofort eintreten, wenn einmal der sensible oder motorische Teil dos Reflexes gehemmt ist.

Andererseits stehen der Hemmungstheorie hier auch anatomische Bedenken im Wege. Denn wir kennen keine direkten Verbindungen der motorischen Zone mit dem subkortikalen Sehcentrum im lateralen Kniehöcker.

Auch der anhaltende Charakter der Sehstörungen, welche man im Falle der Abtragung des Rindenfeldes A' beobachtet, spricht gegen ihre alleinige Abhängigkeit von einer Hemmung der subkortikalen Sehcentra.

Hitzig beruft sich hier, wie wir sahen, vor allem auf die von ihm gemachte Beobachtung, daß nach Restitution des Sehvermögens bei Abtragung von A' die Exstirpation des Gyrus sigmoideus nunmehr keine Sehstörung bewirkt, ebenso wie nach Restitution des Sehvermögens bei Abtragung des Gyrus sigmoideus die Exstirpation von A' keine charakteristischen Sehstörungen oder höchstens unbedeutende Erscheinungen temporaler Amblyopie hervorruft. Aber auch diese Beobachtungen sind nicht durch Hemmung erklärbar. Denn nachdem die durch Hemmung des subkortikalen Centrums bewirkte Sehstörung sich ausgeglichen infolge Nachlassens des Hemmungsprozesses, warum sollte sie nicht wieder auftreten können, wenn das subkortikale Centrum neue Hemmungen von Seiten einer anderen Rindenregion erfährt?

Unerklärt bleibt auch, warum gerade die beiden in Rede stehenden Rindengebiete hemmend auf die subkortikalen Sehcentra wirken und warum andere Rindenstellen in dieser Beziehung unwirksam sind?

So lehrreich also Hitzig's Versuche an und für sich sind, bringen sie die Frage der kortikalen Sehcentra jedenfalls nicht definitiv zur Lösung. Sie beleuchten jedoch von einem ganz anderen Standpunkt die Frage über das occipitale Sehcentrum und führen zu dem Schluß, daß weder die Gegend des Gyrus sigmoideus, noch die A'-Sphäre Munk's als wirkliche Sehcentra funktionieren. Ihre Beziehungen zum Sehen bedürfen noch der Ermittlung. Nach Hitzig's Mitteilungen[1]) erfahren die Sehstörungen bei Occipitalläsionen im Laufe der Zeit eine Ausgleichung; überhaupt sollen dabei Erscheinungen anhaltender partieller Rindenblindheit im Sinne von Munk nicht vorkommen. Auch konnte er die von Munk angenommene Projektion der Netzhaut im Occipitallappen nicht bestätigt finden. Zu beachten ist jedoch, daß temporäre Quadrantenhemianopsie nach unten ausschließlich bei Affektionen der vorderen Hälfte der Sehsphäre zu beobachten ist; bei Affektionen der hinteren Sehsphärenbezirke findet man häufiger Skotome im oberen Segment des Sehfeldes.

Bei Läsionen des Feldes A', wobei Munk außer Seelenblindheit anhaltende Rindenblindheit am Orte des deutlichen Sehens im kontralateralen Auge beobachtete, fand Hitzig in den meisten Fällen nur vorübergehende gekreuzte Hemianopsie; oft waren dabei überhaupt gar keine deutlichen Sehstörungen vorhanden. Munk's sog. Seelenblindheit, welche mit der Seelenblindheit der Kliniker nichts zu tun hat, beruht auf einfacher Amblyopie des Hundes. Kurz, irgend eine gesetzmäßige Abhängigkeit der Lichtempfindung bestimmter Netzhautstellen von bestimmten Teilen der Sehrinde ist beim Hunde nicht vorhanden. Es bestehen in dieser Beziehung wohl sehr weitgehende individuelle Schwankungen. Bei Hunden mit zerstörtem Hinterhauptlappen konnte Hitzig[2]) Sehstörungen am kontralateralen Auge bemerken. Er exstirpierte je den Occipitallappen in zwei zeitlich entlegenen Sitzungen. Einige Zeit nach der ersten Sitzung waren die Sehstörungen verschwunden; dieses Verschwinden erfolgte immer von innen und unten: zuletzt blieb nur ein amblyopischer Fleck oben und außen übrig.

---

[1]) Hitzig, Physiol. und klin. Untersuchungen über das Gehirn. Berlin.

[2]) Hitzig, Demonstration zur Physiologie des kortikalen Sehens. Neurolog. Centralbl. 1902, Nr. 10.

Nach dem zweiten Eingriff entstand an dem anfangs affiziert gewesenen Auge (mit zwei Ausnahmen) eine neue Sehstörung; sie war lebhafter, als an dem jetzt neu affizierten Auge. Sie steigerte sich noch in den nächsten Tagen nach dem Eingriff, bildete aber nicht, wie Munk meinte, ein zirkumskriptes Skotom. Mit der Zeit ging auch diese Störung, gleich allen übrigen, vorüber.

Ferner äußerte sich Hitzig auf Grund von fünf eingehend untersuchten Beobachtungen gegen eine Projektion des entsprechenden Netzhautfeldes im seitlichen Drittel der Sehsphäre.

Auch gegen die in dieser Beziehung von Monakow gelieferten Erklärungsversuche ist Hitzig aufgetreten.

Monakow entwickelte bekanntlich eine besondere Theorie betreffs des Verhältnisses zwischen Rinde der Sehregion und Netzhaut. Seine Versuche haben ihm dargetan, daß nach erfolgter Entrindung eine Degeneration der optischen Bahnen und eines Teiles der Zellen in den subkortikalen Centren, namentlich im lateralen Kniehöcker, eintritt.

Im Gefolge von Enukleation des Augapfels degeneriert anderseits gleichzeitig mit den Fasern der optischen Bahnen auch die Substantia gelatinosa im lateralen Kniehöcker, wo sich die Endverzweigungen der optischen Tractusfasern finden.

Frei von Degeneration bleibt demnach in beiden Fällen das System der intermediären Zellen (Ramon y Cajal), welches durch Endaufzweigungen beide optischen Systeme — das basale und subkortikale — unter einander verbindet.

Monakow schreibt diesen Zellen, welche er als Schaltzellen bezeichnet, die Aufgabe der Perzeption der ankommenden Erregungen zu und das Vermögen, diese nach verschiedenen Richtungen zu übertragen; ihre Lage in der Substantia gelatinosa soll sie dazu befähigen. So kommt es zu einer Art relativen Abhängigkeit der Sehregion der Gehirnrinde von bestimmten Teilen der Netzhaut. Zirkumskripte Affektionen der Sehsphäre führen nicht notwendig zu Sehstörungen, weil die Schaltzellen die Erregungen noch von allen Teilen der Netzhaut der Hirnrinde übermitteln können.

Andererseits müßte die akute Hemiamblyopie, welche man nach Abtragung von A' beobachtet, darin ihre Erklärung finden, daß nicht allein die am Orte A' vorhandenen optischen Fasern und die ihnen entsprechenden Zellen im lateralen Kniehöcker dabei affiziert werden, sondern vorübergehend, bis neue Bahnen sich anlegen, außer Funktion treten auch jene Geniculatumzellen, welche nicht in direkter Beziehung zu A' stehen. Diaschisis nennt Monakow diesen Prozeß.

Hitzig gibt sich mit dieser Erklärungsweise nicht zufrieden. Denn es bestand in seinen Versuchen nur in einer Minderzahl von Fällen eine bestimmte Beziehung zwischen den einzelnen Netzhautfeldern und der äußeren Occipitalrinde. In der Mehrzahl der Fälle war selbst bei ausgebreiteten Rindenaffektionen irgend eine merkliche Störung vorhanden.

Es müssen, schließt er, diese Rinden-Netzhautbeziehungen weitgehenden individuellen Schwankungen unterworfen sein.

Auf diese Schwankungen hat in Rücksicht anatomischer Verhältnisse auch Bernheimer hingewiesen, der im übrigen den Auffassungen Monakows beitritt.

Hitzig[1]), im ganzen ein Gegner der Diaschishypothese, bemerkt dabei, daß, wenn beim Hunde mit beschädigter motorischer Rindenzone und in gewissem Grade auch beim Affen die durch den Eingriff gesetzten Bewegungsstörungen verschwinden, dies darauf beruhe, daß bei dem infolge von Shock bestehenden Hemmungszustand die übrigbleibenden Bewegungsimpulse in ungewöhnlicher und regelloser Weise abgegeben werden. Allmählich jedoch, im Maße des Nachlassens der Shockwirkung, erfolgt eine Anpassung an die neue Beziehung und die Leitung schlägt dann den Weg der bestehenden Bahnen ein. Einen ganz analogen Vorgang vermutet Hitzig auch bezüglich der sensiblen Leitungsbahnen im Falle von Läsionen der kortikalen Sehsphären bezw. Munk's A'. Seiner Ansicht nach könnte Monakow's Diaschisistheorie noch zur Erklärung der Experimente mit positivem Resultat hingehen: für negativ ausfallende Experimente ist sie ganz und gar unzulänglich.

Selbst ausgedehnte und tiefe Affektionen des Occipitallappens ergeben nach Hitzig's Beobachtungen häufig keine Sehstörungen oder letztere fallen minimal aus, wenn Läsionen der anderen Hemisphären bestanden. Diese Beobachtung führt ihn auf den Gedanken, daß die meisten, wenn nicht alle Erscheinungen auf Alteration des subkortikalen Mechanismus zu beziehen sind und daß schon nach der ersten Operation die subkortikalen Centra in entsprechender Weise verändert sich erweisen.

Das Neueinsetzen längst verschwundener Sehstörungen nach Läsionen der anderen Hemisphäre wurde auch von Luciani und Tamburini beobachtet, von anderen, auch von Hitzig, bestätigt gefunden. Letzterer erklärt sich die Sache jedoch nicht durch eine erfolgte Abtragung vikariierender Rindengebiete. Denn falls dies richtig wäre, dann müßte das Gleiche in allen Fällen eintreten; Hitzig aber bemerkte diese Erscheinung bei zahlreichen Operationen nur acht Mal. Er zieht daher zwei mögliche Erklärungsmomente in Betracht: es wird bei der zweiten Operation ein neuer Herd in der zuerst operierten Hemisphäre erzeugt, oder aber es wird durch die zweite Operation der Einfluß der subkortikalen Ganglien auf die Ganglien der anderen Seite übertragen.

Das Schlußergebnis von Hitzig's ausgedehnten Untersuchungen läuft nun auf folgendes hinaus: „Für mich besteht der Anfang allen Sehens in der Erzeugung eines fertigen Bildes in der Netzhaut; das weitere Sehen in der Kombination dieses Bildes mit motorischen, vielleicht auch mit anderen Innervationsgefühlen zur Bildung von Vorstellungen niederer Ordnung in den subkortikalen Centren; die höchste Form des Sehens bei Bestehen eines mit der Rinde verbundenen Sehvermögens äußert sich in der Apperzeption dieser Vorstellungen niederer Ordnung und in der Assoziation mit Vorstellungen und Gefühlen (Sinnesvorstellungen) anderen Ursprungs.“

Ich habe mich hier mit Hitzig's Untersuchungen absichtlich so ausführlich beschäftigt, da sie durch ihr ausgedehntes Befundmaterial und ihre Ergebnisse unter allen neueren hierbezüglichen Arbeiten fraglos an Bedeutung obenan stehen.

---

[1]) Hitzig, Hughlings Jackson und motorische Rindencentren. Berlin 1900.

f) Untersuchungen der Folgezeit.

Kolberch's Experimentalarbeit[1]) (aus Hitzig's Laboratorium) bemüht sich um den Nachweis, daß die von Munk angegebene vordere Grenze der Sehsphäre eine künstliche ist. Denn Sehstörungen stellen sich nach Rindenläsionen auch vor dieser Grenze ein, in der sog. Augenregion, bei Mangel jeder Beschädigung des Gyrus sigmoideus. Sie können andererseits fehlen bei Läsionen nicht nur vor, sondern auch hinter der Munk'schen Grenze, namentlich nach sekundären Operationen auf der anderen Seite.

Überhaupt soll selbst hinsichtlich der Dauer der eintretenden Sehstörungen eine wesentliche Demarkationslinie zwischen Sehsphäre und Augensphäre nicht bestehen.

Und endlich fehlt jeder wesentliche Unterschied zwischen Augengebiet und Sehsphäre auch bezüglich des Charakters der durch Läsion derselben bewirkten Sehstörungen. Denn in beiden Fällen beobachtet man bilaterale homonyme Hemianopsie.

Hierin erblickt Verfasser einen weiteren Beweis für die Unzulänglichkeit der Munk'schen Lehre von der kortikalen Netzhautprojektion.

Seine Versuche führten ihn dann weiter zu dem Schluß, daß eine Abgrenzung der Sehsphäre nach vorn überhaupt auf Grund von Rindenexstirpationsversuchen nicht durchführbar ist.

Wie zu erwarten, ist Munk[2]) gegen Hitzig's spätere Darlegungen aufgetreten, in denen dieser nachzuweisen sucht, daß Sehstörungen auftreten nicht nur bei Läsionen des Occipitallappens, sondern auch anderer Teile der Hemisphäre und selbst der Gehirnhäute.

Er erklärte wie gewöhnlich die Hitzig'schen Befunde teils als Resultat mangelhafter Beobachtung, teils dadurch, daß akzidentelle Läsionen auf seine Ergebnisse Einfluß hatten.

In einer neueren Arbeit beobachtete Crispolti[3]) bei unilateraler partieller Abtragung der Sehsphäre der Gehirnrinde Amblyopie der ganzen Netzhaut des kontralateralen Auges und des lateralen Drittels der Netzhaut, des homolateralen Auges.

Bei ausgiebiger Rindenabtragung erhält man totale Amaurose des kontralateralen Auges und des äußeren Drittels der Netzhaut des homolateralen Auges. Irgendwelche andere Erscheinungen waren weder seitens des Auges und der Pupille, noch auch seitens der allgemeinen Sensibilität und Motilität zu bemerken.

Umamuera[4]) will gefunden haben, daß Läsionen im Bereiche der ganzen Außenfläche der Hemisphärenrinde, die Frontalregion nicht ausgeschlossen, Sehstörungen nach sich ziehen. Die bleibenden Sehstörungen nach Läsionen der Occipital- und Parietalregion sollen darauf beruhen, daß hier die Endigungen der Opticusbahn beschädigt werden. Die Sehstörungen nach Zerstörung anderer Rindengebiete führt er

---

[1]) Kolberch, Über die Augenregion. Arch. f. Psych. Bd. 37.

[2]) Munk, Zur Physiologie der Großhirnrinde. D. Med. Wochenschr. 1902, Nr. 22, S. 166.

[3]) C. Crispolti, Il centro corticale della visione. Annali di nevrol. 1902. Fasc. 2.

[4]) S. Umamuera, Über die kortikalen Störungen des Sehaktes. Pflügers Archiv 1903, Bd. 100, S. 495.

zurück auf dynamische Ursachen bezw. auf das gegenseitige Verhältnis der Centra zu einander.

Für die Ausgleichung der Sehstörungen ist in dynamischer Beziehung die andere Hemisphäre vermöge der Balkenfasern von besonderer Bedeutung.

Schließlich hat GALLEMAERT[1]) bei der Untersuchung des Gehirns in Fällen von einseitiger Bulbusatrophie oder bei Bulbusenukleation sich überzeugt, daß dabei Zellatrophie in der Occipitalrinde beider Seiten auftritt, doch war diese Atrophie am kontralateralen Occipitallappen hochgradiger ausgesprochen und an der Fissura calcarina, im Lobus lingualis und im Cuneus lokalisiert, während im Lobus fusiformis und im Gyrus angularis nur ganz mininale Veränderungen bestanden.

g) Befunde meines Laboratoriums.

Aus allen diesen Darlegungen, welche übrigens die vorhandene Literatur des Gegenstandes bei weitem nicht erschöpfen, dürfte hervorgehen, daß wir uns nicht nur bezüglich der näheren Lokalisation der Sehsphäre, sondern auch sonst bezüglich der optischen Funktionen der Gehirnrinde, wenn nicht in den Anfangsstadien der Erkenntnis, so doch jedenfalls in einem Zustande vielfältiger Meinungsverschiedenheiten noch befinden. Denn abgesehen von den angenommenen Beziehungen der hinteren Hemisphärenregion zum Sehen dürfte wohl kaum etwas Bestimmtes nach dieser Richtung hin sicher festgestellt sein. Und dies drängt naturgemäß zu neuen Forschungen über die angeregten Fragen.

Die Untersuchung der optischen Funktionen habe ich bereits im Beginn der achtziger Jahre aufgenommen und seitdem mit verschiedenen Unterbrechungen Jahrzehnte lang fortgeführt, in welcher Zeit mehrere Mitteilungen über meine Befunde erschienen sind.[2]) So habe ich schon vor 20 Jahren in einer besonderen Mitteilung[3]) auf die Bedeutung der Innenfläche des Hinterhauptlappens für die Funktion des Sehens hingewiesen.

Von ausführlichen Publikationen habe ich aus verschiedenen Erwägungen Abstand genommen, namentlich mit Rücksicht auf den höchst verwickelten Zustand der Frage über MUNK's Sehsphäre. Seitdem ich jedoch von dem Bestehen eines echten Sehcentrums an der Innenfläche des Occipitallappens, nicht aber in MUNK's Sehsphäre, mich überzeugt hatte[4]), konnte ich diese Verhältnisse für einigermaßen geklärt ansehen.

Ich werde in den folgenden Darlegungen auf Grund eigener Untersuchungsbefunde nur einige die optischen Funktionen der Gehirnrinde anlangende Streitfragen berühren, welche mir von ganz besonderer Bedeutung erscheinen.

---

[1]) M. GALLEMAERT, Les centres corticaux de la vision. Bull. de l'Acad. de Belgique. 1902, Bd. 16, Nr. 4.

[2]) W. BECHTEREW, Über den Einfluß der Hemisphärenabtragung auf das Sehen und Hören. Verhandl. der Psych. Gesellsch. 1883. Über die Folgeerscheinungen der Durchschneidung der Opticusfasern im Gehirn. Neurolog. Centralbl. 1884, Nr. 1. Über das Sehfeld der Hemisphärenoberfläche. Arch. psihiatrii 1890.

[3]) W. BECHTEREW, Arch. psihiatrii 1890.

[4]) W. BECHTEREW, Obosr. psihiatr. 1903. Monatsschr. f. Psych. 1903.

Ich erachte es nicht für unnütz, hier zu bemerken, daß meine im folgenden mitzuteilenden Untersuchungsbefunde schon vor Erscheinen von Hitzig's neueren Untersuchungen zur Publikation vorbereitet waren auf Grund der von mir zu verschiedenen Zeiten gewonnenen experimentellen Ergebnisse. Als aber das Heft des Archiv für Psychiatrie mit Hitzig's Artikel „Über das Sehcentrum" erschien, mußte ich von einer Mitteilung der Resultate meiner Untersuchungen vorläufig Abstand nehmen bis zur Veröffentlichung von Hitzig's Arbeit in extenso. Seine hierbezüglichen Befunde konnten von mir nicht experimentell nachgeprüft werden; ich werde sie in der vorliegenden Arbeit nur auf Grund meiner früheren Ergebnisse beurteilen. Allein wegen der großen Bedeutung der letzten Mitteilungen Hitzig's über das Sehcentrum ließ ich in meinem Laboratorium eine Reihe von Nachuntersuchungen über diesen Gegenstand anstellen (Dr. Agadžanjanz). Eine vorläufige Mitteilung über das Ergebnis dieser Untersuchungen ist am 26. Februar 1904 erfolgt.[1])

Die alsbald in extenso erschienene Arbeit[2]) bestätigte meine früheren Befunde über das Bestehen und die Lokalisation eines echten Sehcentrums an der Innenfläche des Hinterhauptlappens der Tiere. Auch einige andere beachtenswerte, das Sehcentrum betreffende Punkte haben dabei Beleuchtung gefunden.

Nach Untersuchungen in Pavlov's Laboratorium (Methode des bedingten Speichelreflexes) verschwindet beim Hunde nach Abtragung des Hinterhauptlappens der Speichelreflex auf Dingreize, während der bedingte Lichtreflex noch erzielbar ist. Nach Orbeli's Untersuchungen aus dem gleichen Laboratorium soll der Hund keine Farben unterscheiden. Aber die Ergebnisse anderer Laboratorien (Gimistedt und Nagel, Kalischer) haben mit voller Objektivität die Richtigkeit dieser Befunde widerlegt. Auch in meinem Laboratorium ist an der Hand der Methode der assoziativ-motorischen Reflexe die Hinfälligkeit der Behauptung Orbeli's mit Entschiedenheit dargetan worden.

2. Die Beziehungen des kortikalen Sehcentrums zu den optischen Eindrücken und Spuren.

Obenan an Bedeutung bei der uns hier beschäftigenden Angelegenheit steht die Frage: Sind in der Hemisphärenrinde Eindrücke zu lokalisieren oder nur die komplizierteren Produkte der optischen Perzeption, also, sozusagen die optischen Vorstellungen im Sinne der subjektiven Psychologie?

Bekanntlich stellen sich die Forscher recht verschieden zu dieser Frage und jedenfalls wird dieselbe noch jetzt in manchen Punkten umstritten.

Da die Entscheidung dieser Frage für verschiedene Tierformen ungleich ausfallen muß, so werde ich von dem angegebenen Gesichtspunkte aus die Erscheinungen betrachten, wie sie bezüglich des Sehens bei den Amphibien, Vögeln und Säugetieren sich darstellen.

---

[1]) Verhdl. d. Wissensch. Versamml. d. Psych. Klinik z. St. Petersburg 1904.
[2]) Dr. Agadžanjanz, Über das kortikale Sehcentrum. 1904.

Nimmt man einem Frosch beide Gehirnhemisphären, dann erkennt man, daß das operierte Tier bezüglich seines Sehvermögens kaum von einem gesunden Exemplar seiner Art unterscheidet. Es umgeht bei seinen Sprüngen prompt die im Wege befindlichen Hindernisse, welche es also unzweifelhaft sieht; es empfängt, mit anderen Worten, optische Empfindungen. Immerhin zeigt der operierte Frosch gegen einen gesunden doch wieder wesentliche Unterschiede. Er umgeht die Hindernisse nur, wenn man ihn zu Bewegungen antreibt, aber er sucht nicht spontan nach Nahrung und scheut nicht vor der ausgestreckten menschlichen Hand, welche ihn ergreifen will. Es ist somit klar, daß der operierte Frosch, wenn er auch Scheindrücke hat, diese nicht in entsprechender Weise verarbeitet; er schätzt die äußeren Eindrücke nicht in richtiger Weise und verschafft sich nicht auf Grund derselben entsprechende Vorstellungen von der Umgebung. Man kann daraus schließen, daß beim Frosch die einfacheren optischen Impulse schon vom Mittelhirn aufgenommen werden und daß ihre weitere Ausgestaltung in der Rinde des Vorderhirns sich vollziehen muß.

Berauben wir nun eine Taube ihrer beiden Gehirnhemisphären, dann kann man sie leicht für blind halten, wie dies schon Munk nachwies. Wir wissen aber, daß schon die alten Autoren erkannt haben, daß Vögel nach erfolgter Exstirpation der Hemisphären noch den Kopf der Lichtquelle zukehren. Die so operierten Tauben zeigen, wie ich in meinen Versuchen fand, noch einige Spuren eines Sehvermögens beim Fliegen. Wirft man eine Taube ohne Hemisphären auf, so senkt sie sich beim Fluge stets langsam in schiefer Ebene herab und läßt sich schließlich mit den Beinen auf den Erdboden nieder. Nehmen wir nun eine Taube mit durchschnittenen Sehnerven, die also unzweifelhaft blind ist, und werfen wir sie auf, dann fällt sie, sobald man sie losläßt, sogleich wie ein Stein herab und kommt mit der Brust voran am Boden an.

Es ist klar: die erste Taube bedient sich noch der optischen Impulse bei ihren Bewegungen, die zweite ist total blind

Nach der Angabe einiger Beobachter soll eine Taube ohne Hemisphären, wenn man sie aufwirft, beim Fliegen noch größere Hindernisse umgehen, nicht an die Zimmerwände anstoßen, sich in einigen Fällen sogar geschickt auf den Tischrand setzen. Diese Erscheinungen können, wie manche Forscher erklären, nicht auf bloßem Zufall beruhen. Definitiv beseitigt wird auf jeden Fall jeder Zweifel in dieser Beziehung durch meine vergleichenden Beobachtungen an Tauben ohne Hemisphären und Tauben, welche durch Sehnervendurchschneidung geblendet wurden. Diese Vergleichung bezeugt, daß Tauben ohne Hemisphären zum mindesten noch eine quantitative Lichtperzeption zugänglich ist, vermöge welcher sie eben zu fliegen im Stande sind, während eine Taube mit durchschnittenen Sehnerven, da sie eben jeder optischen Hilfe beraubt ist, den Flug gänzlich ablehnt. Da die hemisphärenlose Taube, trotzdem sie sich des Sehens bis zu einem bestimmten Grade beim Fliegen zu bedienen vermag, nicht das Futter erkennt, die nahende Hand nicht scheut, noch auch beim Herannahen der Katze fortfliegt, so muß eine qualitative Lichtperzeption und Sachunterscheidung beim Vogel nur im Fall der Erhaltung der Hemisphärenrinde möglich sein.

Bemerkenswert ist dabei die Tatsache, daß bei den Vögeln ohne Hemisphären eine deutliche Erweiterung der Pupillen bei voller Erhaltung des Reaktionsvermögens der Pupillen auf Licht besteht. Diese Pupillenerweiterung beruht meines Erachtens am allerwahrscheinlichsten auf Verlust des normalen Akkommodationsvermögens der Augen infolge der bestehenden Unfähigkeit, die Gegenstände der Umgebung zu unterscheiden.

Wie verhalten sich nun schließlich die Säugetiere?

Nach Fortnahme der Gehirnhemisphären von Ratten, Meerschweinchen, Kaninchen und Hunden habe ich in keinem einzigen Fall irgend welche Äußerungen eines vorhandenen Sehvermögens sofort nach der Operation bei den Versuchstieren nachweisen können.

Wohl zu beachten ist aber, daß alle diese Beobachtungen nur Geltung haben für frisch operierte Tiere. Wenn die Hemisphärenabtragung Wochen oder Monate überlebt ist, können die Erscheinungen ganz anderer Art sein.

Ich untersuchte in diesem Sinn Tauben und Hühner, welche vor vielen Wochen und Monaten ihrer Hemisphären beraubt wurden. Ich fand bei solchen Vögeln sehr viel mehr Sehvermögen, als im Falle einer unlängst vollführten Gehirnoperation. Die vor Wochen oder Monaten operierten Vögel umgingen, wenn man sie aufwarf, manchmal größere Hindernisse mit starkem Schlagschatten. Auch ließen sie sich auf den Tischrand nieder, wenn ihr Benehmen dabei auch nicht gerade sehr gewandt war.

Einem derartigen Vogel muß wohl mindestens eine quantitative Lichtperzeption zugänglich sein und höchstwahrscheinlich auch die einer gewissen Verteilung von Licht und Schatten, was ihm bis zu einem gewissen Grade bei den Bewegungen zugute kommt.

Nicht aber nachweisbar ist bei einem solchen Vogel das Vorhandensein eines qualitativen Lichtunterscheidungsvermögens und die Fähigkeit einer regelrechten Schätzung der Raumverhältnisse. Dies ist offenbar eine immanente Eigenschaft der Gehirnrinde.

Was Säugetiere ohne Hemisphären betrifft, so wurden die Erscheinungen, welche man bei ihnen viele Monate nach dem Eingriff antrifft, zuerst von Goltz beschrieben. Der berühmte Goltz'sche Hund, welcher die Operation der Hemisphärenabtragung $18\,^1/_2$ Monate überlebte, war, nach der Beschreibung zu urteilen, nicht ganz blind. Denn bei plötzlicher greller Belichtung schloß er die Augen und kehrte sogar manchmal den Kopf seitwärts.

Es ist jedoch Goltz's Meinung, daß dieser Hund sich optisch nicht zu orientieren vermochte.

Der Hund erkannte weder sein Futter, noch den Herrn, noch auch andere bekannte Hunde; er umging nicht die Hindernisse, die man ihm in den Weg legte. Munk erklärt die optische Reaktion bei diesem Hunde zwar für rein reflektorischer Natur; allein er bleibt den Beweis schuldig, daß diese reflektorische Reaktion nicht Folge von Empfindung war. Wenn ein Hund mit erhaltenen Hemisphären den Kopf seitwärts kehrt, so wird es niemand einfallen, diese Bewegung auf einfachen Reflex ohne jeden Empfindungsgehalt zu beziehen.

Es besteht also, wie aus dem bisherigen sich ergibt, ein bestimmter Unterschied bezüglich der Sehperzeption zwischen Hunden, denen un-

längst die Hemisphären genommen wurden, und solchen, welche längere Zeit nach diesem Eingriff zur Untersuchung gelangen. Diese haben jedenfalls ein besseres Sehvermögen, als jene. Es kommt also wohl zu einer bestimmten Wiederkehr und Einübung des Sehvermögens bei den operierten Tieren. Wie es scheint, hat man sich den Vorgang so zu denken, daß die Impulse bei der normalen Sehperzeption gesunder Tiere, ohne in den subkortikalen Centren Aufenthalt zu machen, nahezu direkt der Gehirnrinde zufließen. Bei den operierten Tieren dagegen findet anfangs ebenfalls kein Aufenthalt in den subkortikalen Centren statt, sondern es wird der gewöhnliche Weg eingeschlagen; erst im Laufe der Zeit, im Maße der wachsenden Degeneration der subkortikalen Bahnen erfolgt eine allmähliche funktionelle Anpassung der subkortikalen Centra; die ankommenden Impulse werden nun allmählich subkortikal arretiert und erregen hier eine immer stärkere Reaktion. So kommt es mit der Zeit zu einer Aufbesserung des Sehvermögens bei den rindenoperierten Tieren. Nicht ganz von der Hand zu weisen ist hier übrigens auch die Annahme einer Hemmung der subkortikalen Centra in der ersten Zeit nach der Operation, welche jedoch mit der Zeit nachläßt und schließlich ganz verschwindet.

Immerhin wird aus den bisherigen Darlegungen deutlich, daß selbst bei Tieren, welche den Eingriff der Hemisphärenabtragung längere Zeit überlebt haben, nur eine elementare optische Reaktion vorhanden ist, welche, wie wir sahen, auf einer im Raume mehr oder weniger lokalisierten quantitativen Lichtperzeption beruhen kann.

Es kann demnach eine qualitativ differenzierte Lichtperzeption nicht in den subkortikalen Sehcentren zu Stande kommen. Sie ist Produkt der Rindencentra.

3. Die Beziehungen des kortikalen Sehcentrums zum binokularen Sehen.

Was die Bedeutung jeder einzelnen Hemisphäre zum binokularen Sehen betrifft, so regiert bei den niederen Wirbeltieren und Vögeln jede Hemisphäre unzweifelhaft nur das Sehen mit dem kontralateralen Auge. Dieser Satz, welcher mit dem Bestehen einer totalen Sehnervenkreuzung bei allen soeben genannten Tiergruppen in vollem Einklange steht, ist dadurch beweisbar, daß die Abtragung einer Hemisphäre bei den in Rede stehenden Tieren zu totaler Erblindung des kontralateralen Auges, während das Sehen mit dem homolateralen Auge nicht in merklicher Weise dabei beeinträchtigt erscheint. Zugleich ist die Pupille des kontralateralen Auges, wie ich in meinen Versuchen an Vögeln feststellte, deutlich erweitert gegenüber der Pupille des homolateralen Auges. Sie reagiert zwar prompt auf Licht, zeigt aber gar kein Akkommodationsvermögen und zwar selbst in dem Falle nicht, wenn die Pupille des homolateralen Auges sich akkommodativ zusammenzieht, sobald man die Hand dem Auge nähert.

Wenngleich Munk auf Grund der Erscheinungen bei unilateraler Hemisphärenabtragung bei Vögeln (s. oben) eine Zeit lang zu beweisen sich bemühte, daß ein kleiner Teil des Innenabschnittes des Sehfeldes bei solchen Tieren noch sehvermögend bleibt, konnte ich in meinen

Versuchen feststellen, daß Tauben nach einseitigem Hemisphärenverlust nie deutliche Anzeichen eines vorhandenen Sehvermögens darbieten. Man muß also annehmen, daß bei den Vögeln und allen niederen Tieren das Sehen auf jeder Seite mittels der kontralateralen Hemisphäre sich vollzieht. Bei den Säugetieren jedoch und namentlich bei den höheren Vertretern dieser Tiergruppe beteiligen sich am Sehen mit jedem Auge beide Hemisphären zusammen.

Über manche niedere Säugetiere (Kaninchen) liegen freilich entsprechende Beobachtungen nicht vor, denn solche Tiere eignen sich wenig zu Sehprüfungen. Aber das Bestehen einer partiellen Kreuzung der Sehnervenfasern, wenn auch unter wesentlichem Überwiegen der kreuzenden Fasern, ist beim Kaninchen mittels der Degenerationsmethode nachgewiesen, und es liegt daher kein Grund vor, zu bezweifeln, daß



Fig. 413.
Hemianopsia dextra nach Exstirpation des hintersten Teiles der Rinde des linken Occipitallappens am Occipitalpol und an der unteren Fläche. Großer Hofhund. Präparat von Dr. Agadzanjanz (Laboratorium des Verfassers). — Motilität total unverändert, auch die Sehnenreflexe erhalten.

die Sehfunktion jedes Auges bei diesen Tieren nicht nur von der kontralateralen, sondern zum Teil auch von der homolateralen Gehirnhemisphäre abhängt.

Mit Bezug auf das Verhalten des Hundes ist diese Tatsache auf physiologischem Wege zuerst durch Luciani und Tamburini nachgewiesen und später von Munk bestätigt worden und kann jetzt für unbestreitbar gelten. Wenn man beim Hunde den ganzen hinteren Hemisphärenabschnitt entfernt, so erkennt man leicht, daß das Tier auf dem kontralateralen Auge nicht ganz blind ist; das innere Drittel des Sehfeldes dieses Auges (nach Munk's Angabe ein Viertel) erweist sich noch empfänglich für optische Eindrücke. Im homolateralen Auge erscheint dabei blind das äußere Drittel des Gesichtsfeldes, die zwei inneren Drittel erscheinen unversehrt (Fig. 413). Es wird also offenbar die Stelle des deutlichen Sehens beim Hunde von der kontralatoralen Gehirnhemisphäre versorgt. Nur das Sehen mit den seitlichen Netzhautfeldern findet unter Beteiligung beider Hemisphären statt.

Der Versuch am Hunde zeigt übrigens, daß die Grenzlinie zwischen dunklem und hellem Teil des Gesichtsfeldes nicht immer ganz regelmäßig und in gleicher Weise verläuft. In einzelnen Fällen sind vielmehr gewisse Abweichungen zu bemerken.

Ferner ist zu bemerken, daß bei den in der angegebenen Weise operierten Hunden die Pupille des kontralateralen Auges ein wenig weiter erscheint, als die Pupille des homolateralen Auges. Diese Erscheinung dürfte damit zusammenhängen, daß die Pupille des kontralateralen Auges, trotz voller Erhaltung der Lichtreaktion, akkommodative Kontraktionen ganz und gar nicht ausführt.

Bei bilateraler Zerstörung des Hinterhauptlappens des Hundes beobachtet man vorübergehende Amaurose beider Augen mit Erhaltung des Pupillarreflexes (Fig. 414).



Fig. 414.
Bilaterale Exstirpation des Hinterhauptlappens des Hundes (Dr. Agadzanjanz aus dem Laboratorium des Verfassers). — Totale Rindenblindheit beider Augen mit Fehlen der Reaktion selbst auf grelles Licht. Die Pupillenreaktion erhalten, aber rechts ziemlich schlaff.

Was endlich das Verhalten der Affen betrifft, so beobachtet man bei operierten derartigen Tieren nach Entrindung des Occipitallappens eine ähnliche Hemianopsie, wie in pathologischen Fällen beim Menschen. Auch die Pupillen erscheinen dabei gleich weit, es sei denn, daß die Pupille des kontralateralen Auges ein wenig erweitert ist. Der blinde Außenteil des kontralateralen Gesichtsfeldes ist bei den Affen, ebenso wie beim Menschen, etwas größer, als der unversehrte Innenteil des Gesichtsfeldes und der blinde Innenteil des homolateralen Gesichtsfeldes entsprechend kleiner als der erhaltene Außenteil desselben. Die Grenzlinie zwischen hellem und dunklem Gesichtsfeldabschnitt verläuft dabei mehr oder weniger vertikal, annähernd im Meridian des Fixationspunktes. Dieser letztere ist aber beim Menschen und bei den Affen nicht vollkommen blind; denn das Bündel der Maculafasern, welche zum gelben Fleck der Netzhaut verlaufen, unterliegt im Chiasma einer unvollständigen Kreuzung.

Es wird also, wie sich daraus ergibt, bei den Primaten und beim Menschen nicht nur das Sehen mit den homonymen Netzhautfeldern durch beide Hemisphären versorgt, sondern auch die Gegend der Macula lutea, so jedoch, daß in jeder Gehirnhemisphäre die homonymen Seiten beider Netzhäute vertreten sind, also der Außenteil der Netzhaut des homolateralen Auges und der Innenteil der Netzhaut des kontralateralen Auges, während deutliche Teile der Macula lutea in beiden Hemisphären vertreten sind. Dem entsprechend bleiben auch die Pupillen beider

Augen bei den Affen und beim Menschen in Fällen von Läsionen des Occipitallappens kontraktionsfähig bei erfolgender Akkommodation auf nahe Gegenstände.

Übrigens kommen beim Menschen und bei den Affen gewisse individuelle Variationen der Innervation des gelben Fleckes vor.

4. Die Lokalisation der Sehsphäre in der Gehirnrinde.

Für niedere und höhere Tiere gilt in gleicher Weise der Satz, daß die Sehsphäre sich in den hinteren Teilen der Hemisphärenrinde lokalisiert. Entfernt man z. B. bei der Taube den ganzen hinteren Abschnitt einer Hemisphäre einschließlich des medialen Teiles, so zeigt das Tier, ohne irgendwelche sonstige Störungen aufzuweisen, Blindheit des kontralateralen Auges und eine gewisse Erweiterung der Pupille desselben, welche infolge von Mangel der Akkommodation bei Annäherung eines Gegenstandes sich nicht kontrahiert. Sich selbst überlassen, dreht eine solche Taube, infolge der Amaurose des kontralateralen Auges den Kopf so, daß sie sich des sehenden Auges zur Orientierung bedienen kann. Sie bemerkt, wie nicht unschwer festzustellen, mit dem affizierten Auge weder die Gegenstände, welche ihr den Weg hindern, noch drohende Gesten, noch das Nahen der Katze. Die nähere Prüfung ergibt dabei, daß die Blindheit des kontralateralen Auges eine gleichmäßige ist und sich über alle Teile der Netzhaut erstreckt. Wenigstens konnte ich bei derartig operierten Tauben eine partielle Erhaltung des Gesichtsfeldes nicht nachweisen, wie dies früher Munk bezüglich seiner Tauben mit Verlust einer Hemisphäre nachzuweisen versuchte.

Die soeben geschilderten Erscheinungen halten sich bei den Versuchstieren längere Zeit ohne wesentliche Veränderungen. Nur in dem Fall, wenn die Entrindung der hinteren Hemisphärenpartie nicht vollständig war und namentlich wenn die medialen Teile der Hemisphäre unversehrt blieben, kommt es mit der Zeit zu einer merklichen Besserung des Sehvermögens des kontralateralen Auges, soweit dies überhaupt die Ausgiebigkeit der Läsion zuläßt.

Wenn man bei der Taube die hinteren Partien beider Hemisphären abträgt, und dabei auch die medialen Teile nicht verschont, dann ist das Tier auf beiden Augen blind, die Pupillen sind deutlich erweitert und ihre Reaktion auf Licht erhalten, ganz wie im Fall der Abtragung beider Gehirnhemisphären. Der Unterschied zwischen diesem und jenem Fall besteht darin, daß bei den Tieren der ersten Art außer Blindheit beider Augen und einer gewissen Erweiterung der Pupillen sonst keine nennenswerten anderen Störungen vorhanden sind, während bei den der beiden Hemisphären beraubten Tauben außer Blindheit auch Defekte anderer Perzeptionen, des Gehörs usw. bestehen; auch findet man bei ihnen Anzeichen einer mangelhaften Betätigung der assoziativen Prozesse.

Die nach Abtragung der hinteren Hemisphärenpartien eintretende Blindheit der Tauben ist eine ziemlich stationäre. Wenigstens zeigten die von mir operierten Tauben in den ersten Wochen nach dem Gehirneingriff keine nennenswerte Besserung des Sehvermögens. Dies gilt jedoch nur für den Fall, als die hinteren Hemisphären vollständig ab-

getragen wurden. Bleibt aber selbst nur ein ganz kleines Stück dieser Rindengegend, namentlich ihrer medialen Fläche, unversehrt, dann stellt sich bei den operierten Tauben im Laufe der Zeit eine gewisse Aufbesserung des Sehvermögens ein, welche später noch mehr progressiert. Eine vollständige Restitution des Sehvermögens kommt aber nicht zur Beobachtung, vielmehr erscheint das Sehen noch Monate lang hochgradig gestört.

Zu betonen ist ausdrücklich, daß in allen erwähnten Fällen bei den Versuchstieren wirkliche Blindheit und nicht nur etwa Seelenblindheit besteht.

Man muß auf Grund dieses Umstandes zu dem Schluß kommen, daß in der hinteren Hemisphärenpartie der Vögel eine Sehperzeption stattfindet, welche höchstwahrscheinlich eine qualitative Differenzierung ermöglicht.

In einzelnen Versuchen übrigens beobachtet man nach umschriebenen Rindenläsionen an der oberen Fläche der hinteren Hemisphärenpartien der Taube Erhaltung der Gesichtsperzeption und Unvermögen einer entsprechenden Schätzung der Produkte dieser Perzeption, also eine Art Seelenblindheit. Eine solche Taube sieht alles, umgeht die Hindernisse, weicht der nahenden Hand aus, sie schätzt aber nicht hinreichend die Umgebung und erkennt nicht bekannte Gegenstände. Sie läßt sich mit den Händen fangen, fürchtet nicht die nahende Katze usw.

Die Taube muß also wohl in der hinteren Hemisphärenregion zwei nahe bei einander liegende Rindenfelder haben. Das eine würde einem echten Sehcentrum entsprechen, also ein Sehperzeptionscentrum darstellen; das zweite, an der oberen Fläche der hinteren Hemisphärenpartie belegen, würde die Gegend sein, wo auf Grund entsprechender optischer Perzeptionen entwickelt und zugleich abgelagert werden jene Sehspuren, welche in der Psychologie des Menschen optische Vorstellungen genannt werden.

Ich werde auf Einzelheiten dieser Frage, die sogleich bei der Schilderung der Versuche an Säugetieren noch zu berühren ist, hier nicht näher eingehen und will nur bemerken, daß aus allen bisher besprochenen Versuchen als unzweifelhaft hervorgeht, daß bei der Taube und allen übrigen Vögeln die Sehsphäre in den hinteren Partien der Hemisphärenrinde ihre Lage hat, wobei in jeder Hemisphäre sich Centra finden, welche die optische Perzeption des kontralateralen Auges ermöglichen, sowie Centra, welche zur Ablagerung und Aufbewahrung entsprechender Sehspuren dienen.

Es ergibt sich zugleich aus diesen Versuchen, daß in der Gegend der Sehcentra der Vögel auch ein Akkommodationscentrum sich finden muß. Denn im Falle der Abtragung der Sehsphäre geht das Akkommodationsvermögen des kontralateralen Auges bei der Taube unter eintretender Blindheit total verloren.

Ich wende mich nun zur Darstellung der Versuche an Säugetieren.

Es handelt sich dabei zunächst um die Frage nach der Lokalisation des optischen Perzeptionscentrums in der Hemisphärenrinde.

Wie schon früher erwähnt wurde, ist mir schon vor zwanzig Jahren[1])

---

[1]) W. Bechterew, Über das Sehfeld der Hemisphärenoberfläche. Arhiv psihiatrii 1890.

die besondere Bedeutung der Rinde an der medialen Hemisphärenoberfläche für das Sehen aufgefallen. Ich beobachtete beim Hunde nach Läsionen der Medianfläche des Occipitallappens konstant dauernde Hemianopsie beider Augen [1]) (Fig. 415 V'). Der Ort des Deutlichsehens war am kontralateralen Auge vollkommen verdunkelt, wenigstens in der ersten Zeit nach dem Eingriff, am homolateralen Auge dagegen hatte sich das Sehvermögen daselbst erhalten. Der blinde Netzhautteil okkupierte dabei kontralateral ein größeres Feld, als homolateral: die Dimensionen des blinden und des sehenden Netzhautabschnittes entsprachen in diesem Fall im ganzen einem Zustand, wie er nach unilateraler Durchschneidung des Tractus opticus besteht, mit dem Unterschied jedoch, daß im Falle der Rindenläsion die Pupillen keine hemiopische Reaktion aufwiesen. Die kontralaterale Pupille erschien meist merklich weiter, als die homolaterale, namentlich in dem Fall, wenn das Tier nahe Gegenstände fixierte; dies hing offenbar mit einem Akkommodationsdefekt des kontralateralen Auges zusammen.

In meinen Versuchen verschwanden die genannten Sehstörungen, wie hier ausdrücklich betont sei, noch nach Monaten nicht. Sie hatten überhaupt einen ausgesprochen stabilen Charakter. Die zweiseitige Zerstörung der Medianteile des Occipitallappens führte gewöhnlich zur totalen Erblindung des Tieres, und dieser Zustand erwies sich als höchst stabil.

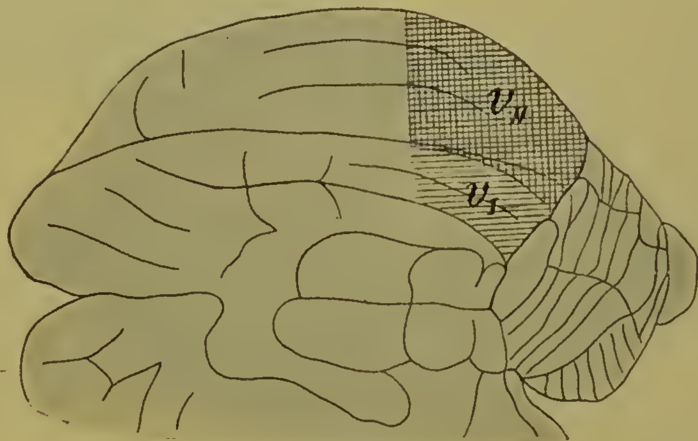


Fig. 415.
Gehirn des Hundes von oben und innen. — V' wahres Sehcentrum an der Innenfläche des Occipitallappens; V'' Centrum der optischen Vorstellungen.

Mit Rücksicht nun auf den anhaltenden Charakter der Sehstörungen einerseits und den totalen Verlust des Sehvermögens andererseits bei der topographischen Übereinstimmung des in Rede stehenden Rindenfeldes mit der Gegend des Sehcentrums beim Menschen (Seguin, Henschen u. a.) kommt man zu der Annahme, daß das primäre Sehperzeptionscentrum des Hundes gerade hier, an der medialen Hemisphärenoberfläche, seine Lage haben muß, nicht aber an der konvexen Außenfläche, wie dies die Meinung von Munk und Ferrier war.

Die in meinem Laboratorium ausgeführten Untersuchungen von Dr. Agadzanjanz haben diesen von mir vertretenen Satz (für Hund und Affe) nicht nur vollauf als richtig bestätigt, sondern haben auch zu dem Schluß geführt, daß auch das an der Innenfläche des Hinterhauptlappens

[1]) W. Bechterew, Über das kortikale Sehcentrum. Monatsschr. f. Psych. 1901.

belegene sensitive Sehcentrum der Tiere (Fig. 416), gleich dem des Menschen, in zwei Abschnitte zerfällt; einen für das centrale Sehen, einen zweiten für das periphere Sehen. Jener liegt offenbar mehr nach vorn, dieser mehr nach hinten (Agadžanjanz).



Fig. 416.
Macacus mit Zerstörung der Innenfläche des linken Occipitallappens im Gebiete der Fissura calcarina. Die Rinde wurde links drei Millimeter tief an beiden Lippen des hinteren Teiles der Fissura calcarina abgetragen. — Deutliche rechtsseitige Hemianopsie beider Augen (namentlich des rechten, dessen Fixationspunkt verdunkelt war). — Dr. Agadžanjanz aus des Verfassers Laboratorium.

5. Die Bedeutung der Außenfläche des Occipitallappens für das Sehen.

Wenn wir ein sensitives Sehcentrum an der inneren Fläche des Occipitallappens haben, was bedeutet dann jenes Rindengebiet an der konvexen Hinterlappenfläche, welches dem Sehcentrum der Autoren entspricht?

Um diese Frage zu beantworten, muß man vor allem die Erscheinungen kennen lernen, welche im Falle der Abtragung dieses Rindenfeldes bei Tieren auftreten.

Wenn beim Hunde die Rinde der hinteren Hemisphärenpartie am Orte der zweiten Windung und der angrenzenden Teile der ersten und dritten Windung auf einer Seite (beispielsweise links) abgetragen wird, dann resultiert daraus folgender Zustand (Fig. 417):

Mit offenen Augen geht das Tier im allgemeinen ziemlich frei umher, ohne an Hindernisse anzustoßen. Es unterscheidet alle Gegenstände der nächsten Umgebung, die auf dem Erdboden herumliegen. Handelt es sich um einen dressierten Hund, dann reicht er die Pfote auf Kommando, versteht Drohungen usw. Verbindet man dem Tier aber das linke Auge, dann bewegt es sich weniger gern und verläßt seinen Platz meist nur, wenn es dazu angetrieben wird. Anfänglich macht es übrigens nach dem Verbinden des Auges nicht selten eigentümliche Kopfbewegungen, als ob ihm etwas das Unterscheiden der

Gegenstände hindern würde. Es erkennt nunmehr nicht den Herrn, wirft sich nicht über das gereichte Fleischstück her, fürchtet nicht die Peitsche, welche vor ihm geschwungen wird. Zugleich stößt es beim Gehen an Hindernissen an, namentlich solchen, die rechts von dem Tier zu liegen kommen. Links liegende Sachen dagegen sieht das Tier noch unzweifelhaft und umgeht sie, wenn auch nicht immer.

Wenn man dem Tier, während es sich bewegt, den Fuß von links her vorstellt, so bleibt es meist entweder sogleich stehen, oder es umgeht den Fuß und setzt seinen Weg fort, dabei auch andere Hindernisse umgehend, welche sich auf derselben Seite befinden. Ist der Hund hungrig, dann nimmt er solche von den ihm hingeworfenen Brodstücken auf, welche nach innen von ihm liegen, andere Stücke läßt er entweder unbeachtet oder findet sie nur nach längerem Beriechen. Ich schließe aus allem dem, daß das Tier eine wesentliche Einschränkung des Gesichtsfeldes von rechts hat an dem der Gehirnläsion entgegengesetzten Auge. Man erkennt dies auch auf folgende Weise: Droht man dem Tier mit der Hand oder macht man eine schnelle Handbewegung direkt vor oder rechts von dem der beschädigten Hemisphäre entgegengesetzten Auge, während das andere Auge mit der Hand verdeckt oder verbunden ist, so schließt das Tier nicht das Auge, noch macht es anderweitige Bewegungen, aus denen zu schließen wäre, daß es die Drohung begreift.

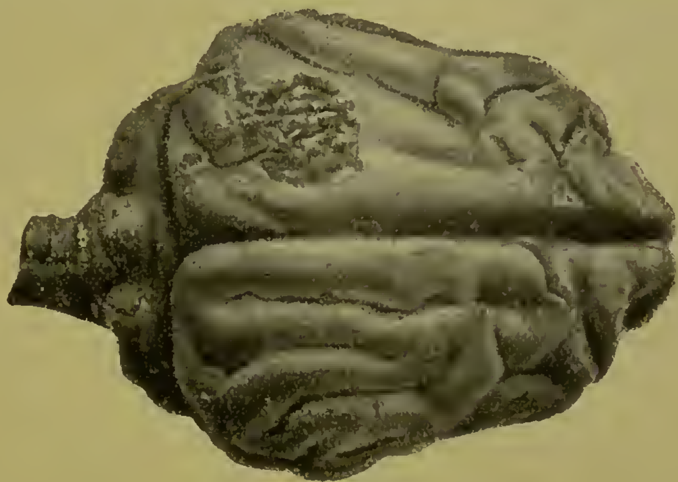


Fig. 417.
Exstirpation der Munk'schen Sphäre A', in einer Tiefe von 3 mm. Junger Hund. Rechtsseitige Hemiamblyopie mit Verdunkelung der Stelle des deutlichen Sehens am rechten Auge.

Dagegen, wenn man die gleiche drohende Geste oder Bewegung links vom Auge ausführt, dann kneift das Tier dabei fast stets die Augen zusammen.

Noch besser untersucht man das Sehvermögen der operierten Tiere in der Weise, daß bei verbundenem homolateralem Auge, ohne daß das Tier es bemerkt, ihm nach verschiedenen Richtungen Zucker- oder Brodstücke hingeworfen werden. Das Tier nimmt in diesem Fall nur diejenigen Stücke auf, welche es sieht; die anderen Stücke, welche ebenfalls in der Nähe liegen, aber der rechten Gesichtsfeldseite angehören, scheint das Tier nicht zu bemerken.

Führt man auf solche Weise die Prüfung möglichst sorgfältig aus, dann fällt es auf, daß an dem der beschädigten Hemisphäre entgegengesetzten Auge alle Erscheinungen halbseitiger Blindheit bestehen, wobei der größere äußere Teil des Gesichtsfeldes einschließlich des Fixations-

punktes verdunkelt erscheint, während der kleinere innere Teil des Gesichtsfeldes sein Sehvermögen bewahrt. Dieses Stück des Gesichtsfeldes nun hilft dem Tier offenbar bei seinen Bewegungen zur Umgehung von Hindernissen und zum Auffinden der einwärts vom Auge befindlichen Gegenstände.

Verbindet man nun dem Tiere statt des kontralateralen rechten Auges das homolaterale, also linke Auge, dann bewegt es sich ziemlich frei und umgeht dabei ziemlich prompt alle Hindernisse, falls dieselben sich links oder gerade vor dem Auge befinden; es stößt aber ziemlich oft an Hindernisse, die sich rechts vom Auge befinden. Auch in diesem Fall besteht, wie die aufmerksame Prüfung mit drohenden Gesten und vorgeworfenen Brotstücken erkennen läßt, Hemianopsie, und zwar ist hier der kleinere Innenteil des Gesichtsfeldes verdunkelt, der größere Außenteil des Sehfeldes hat sein Sehvermögen bewahrt.

Es besteht also bei den in der angegebenen Weise operierten Tieren eine Sehstörung vom Charakter der homonymen Hemianopsie. Während aber im homolateralen Auge nur der innere Teil des Gesichtsfeldes ausfällt unter Erhaltung des centralen Sehens, haben wir am kontralateralen Auge nicht nur laterale Hemianopsie, sondern auch Störungen des centralen Sehens, welches durch außerordentliche Unvollständigkeit charakterisiert ist. Mit dem kontralateralen Auge sieht das Tier zwar, denn es umgeht manchmal die Hindernisse, aber es verhält sich auffallend gleichgültig gegenüber Gesichtseindrücken. Es unterscheidet und erkennt offenbar die Umgebung nicht, zeigt also gerade jene Erscheinungen, welche unter den Begriff der Seelenblindheit fallen.

Diese Störungen dauern beim Hunde eine verschieden lange Zeit, e nach der Ausdehnung der Rindenläsion.

Bei kleineren Läsionen halten sich die Erscheinungen gewöhnlich nur einige Tage, bei ausgiebigeren Läsionen können die Störungen noch nach Wochen als vorhanden erkannt werden. Meist jedoch verschwinden sie nach und nach mehr oder weniger vollständig. Die Erscheinnngen der halbseitigen Blindheit verschwinden manchmal mit der Zeit und es besteht dann nur die geschilderte Unvollständigkeit des Sehens mit dem kontralateralen Auge. In anderen Fällen restituiert sich zuerst das centrale Sehen am kontralateralen Auge, während die Hemianopsie einen längeren Bestand hat.

In diesem Falle beginnt das Tier einige Zeit nach der Operation mit dem kontralateralen Auge gewöhnlich schon Gegenstände zu fixieren und unterscheidet wenigstens größere Gegenstände, erkennt seinen Herrn, scheut die Peitsche usw. Mit der Zeit fixiert das kontralaterale Auge die Gegenstände vollkommen prompt, und die einzige Sehstörung, welche bei einem solchen Tier dann zu bemerken ist, besteht darin, daß die seitlichen Teile des Gesichtsfeldes in beiden Augen verdunkelt erscheinen. In dieser Gestalt bleibt die Hemianopsie bei den operierten Tieren gewöhnlich als mehr oder minder dauerndes Symptom bestehen. In meinen Fällen wenigstens konnte ich sie noch ein Jahr nach vollzogener Operation nachweisen.

Erzeugt man eine oberflächliche Läsion beider Hinterhaupt-Scheitellappen, dann findet man bei dem Tier zweiseitige Seelenblindheit, welche übrigens mit der Zeit allmählich verschwindet. Totale Blindheit ist in diesen Fällen jedoch niemals vorhanden. Die Dauer der

eintretenden Sehstörungen hängt selbstverständlich von der Ausgiebigkeit der Gehirnläsionen ab.

Von sonstigen Erscheinungen findet bei den in der angegebenen Weise einseitig operierten Tieren nur eine geringgradige Ungleichmäßigkeit der Pupillen; die Pupille des rechten Auges, namentlich beim Nahesehen, ist weiter; die Reaktion der Pupillen ist voll erhalten. Die größere Weite der kontralateralen Pupille hängt in diesem Fall offenbar zusammen mit einem Akkommodationsdefekt des rechten Auges infolge von Verdunkelung seines Fixationspunktes.

a) Die Topographie der einzelnen Teile des Sehfeldes des Occipitallappens.

Was das gegenseitige Lageverhältnis der Teile des occipitalen Rindensehfeldes betrifft, so kommt hier in Betracht, daß bei Läsionen der Gegend der zweiten und zum Teil auch der ersten Primärwindung im hinteren Hemisphärenbereich Erscheinungen von Amblyopie in Gestalt von „Seelenblindheit“ des kontralateralen Auges zu bemerken ist. Meist besteht gleichzeitig homonyme Hemianopsie beider Augen bei den so operierten Tieren.

Bei mehr zirkumskripten Rindenläsionen, namentlich wenn diese mehr die hinteren Abschnitte der soeben bezeichneten Gegend treffen, gleichgültig ob außen, innen, vorn oder hinten, zeigen die Versuchstiere ebenfalls homonyme Hemianopsie auf der entgegengesetzten Seite. Jedoch sind die Erscheinungen der Seelenblindheit in diesem Fall wenig ausgesprochen oder vorübergehender Art.

In keinem Fall konnte ich nach Läsionen rechts oder links von der bezeichneten Gegend Sehstörungen nur am homolateralen Auge nachweisen, wie sie Munk unter diesen Umständen gefunden haben will. In allen Fällen ohne Ausnahme betrafen die hemianopischen Störungen beide Augen. Die Sehstörungen hatten dabei immer den Charakter der Hemianopsie. Auch erwies es sich als unmöglich, zirkumskriptere Sehstörungen am kontralateralen Auge, etwa ein Punctum caecum, wie dies Munk behauptet, hervorzurufen. In einigen meiner Fälle aber, wo gekreuzte Amblyopie mit homonymer Hemianopsie bestand, verschwand letztere im Laufe der Zeit und es restierte dann nur die gekreuzte Amblyopie, welche den Charakter der Seelenblindheit darbot.

Ich erwähne hier schließlich die Befunde von Toropov[1]) über den assoziativen (bedingten) Speichelreflex. Wenn man den Hinterhauptlappen, am Scheitel beginnend, in geringer Ausdehnung lädiert, so geht der assoziierte Reflex auf Form verloren. Nimmt man etwas mehr vom Hinterhauptlappen fort, dann erlischt der Reflex auf Bewegung; entfernt man noch mehr Rinde von der hinteren Hemisphärenregion, dann erlischt auch der Assoziationsreflex auf Licht.

b) Die Seelenblindheit.

Unter „Seelenblindheit“ versteht man bekanntlich jenen Zustand, bei welchem das Erkennen der Objekte der Sehperzeption fehlt oder alteriert ist.

---

[1]) Toropov, Verhdl. der Gesellsch. Russ. Ärzte 3. Oktober 1908.

In diesen Fällen ist also das eigentliche Sehen nicht aufgehoben, allein die Identifizierung des gesehenen Bildes mit analogen früher empfangenen Bildern ist verloren gegangen, und da eine Identifizierung nur möglich ist auf Grund von Vergleichung, so ist zu schließen, daß hier entweder das Centrum der optischen Erinnerungsbilder oder der Zusammenhang dieses mit dem optischen Perzeptionscentrum affiziert sein muß.

Da dabei das Erkennen der Objekte in direktem Verhältnis steht zu der optischen Perzeption, so müssen die Erscheinungen der „Seelenblindheit“ bezüglich der Netzhaut genau dieselbe Verteilung haben, wie die Erscheinungen der echten Blindheit, die durch Fehlen der Sehperzeption bedingt ist. Daher kann sich auch die Seelenblindheit darstellen nicht nur als gekreuzte Amblyopie für die Gegend des gelben Fleckes, sondern auch als homonyme bilaterale Hemiamblyopie für den peripheren Teil des Gesichtsfeldes, oder gleichzeitig als gekreuzte Amblyopie und homonyme bilaterale Hemiamblyopie.

Es ist nicht ganz leicht, die Erscheinungen, welche man als Seelenblindheit beschreibt, von den Erscheinungen der gewöhnlichen Amblyopie genau abzugrenzen.

Unter Seelenblindheit versteht z. B. Munk einen Zustand, bei welchem das Tier die umgebenden Gegenstände sieht, aber damit nicht jene optischen Vorstellungen verbindet, welche früher durch diese Gegenstände in seinem Bewußtsein angeregt wurden. Es handelt sich hier also darum, daß das Tier sieht, aber das Gesehene nicht erkennt und nicht versteht. Andere Autoren jedoch, wie z. B. Goltz, erklären sämtliche von Munk an seinen operierten Tieren geschilderten Erscheinungen nicht durch Verlust der optischen Erkennungsbilder, sondern durch wirkliche Defekte des Sehvermögens.

Wie schon im früheren erwähnt wurde, führte Goltz die Sehschwäche, welche man bei Tieren mit Läsionen der hinteren Hemisphärenpartien findet, auf Farbenblindheit zurück.

Ich meinerseits kann mich dieser Auffassung nicht anschließen. Denn die operierten Tiere sind gewissermaßen unfähig, farbige und nichtfarbige Gegenstände zu unterscheiden. Spezialuntersuchungen meines Laboratoriums (Dr. Agadžanjanz) mit farbigen geruchlosen Geschmacksstoffen (Marmelade, Karamellen), die Affen und manche Hunde sehr gern haben, führten zu der Einsicht, daß bei Tieren mit Rindenläsionen Erscheinungen der Farbenblindheit allein ohne Affektion der allgemeinen Lichtperzeption nicht zu eruieren sind. Goltz's Versuch mit dem farbigen Anzug findet meiner Ansicht nach seine Erklärung nur in bestehender Sehschwäche physischer oder anderer Art.

Nicht annehmbar erscheinen mir auch die von Loeb für die Erscheinungen der Seelenblindheit gegebenen Erklärungen, dahingehend, daß die Versuchstiere, bei denen noch ein Teil des Gesichtsfeldes erhalten ist, infolge bestehenden Schwachsinns nicht des erhaltenen Teiles des Sehvermögens sich so bedienen können, wie gesunde Tiere.

Tatsächlich aber zeigen Tiere mit zirkumskripten Läsionen des Hinterhauptlappens überhaupt keine Erscheinungen von Schwachsinn, wenigstens nicht in dem Grade, daß sie unfähig wären, sich des unversehrten Teiles des Gesichtsfeldes zu bedienen.

Für das Bestehen wirklicher Seelenblindheit wird als Beweis angeführt, daß die betreffenden Störungen durch Übung allmählich über-

wunden werden können. Wenigstens erblickt Munk in diesem Umstand einen Beweis dafür, daß die Uebung es dem Tier ermögliche, neue Bildervorräte aufzustapeln, und daß das Tier sein affiziertes Auge in einem Grade erzieht, daß die anfänglichen Sehstörungen mit der Zeit fast ganz verschwinden.

Aber auch dieser Beweis hat keine unbedingte Gültigkeit.

Denn auch im Falle des Bestehens von gewöhnlicher Sehschwäche ist eine Besserung des Zustandes möglich, und zwar einerseits durch vikariierende Tätigkeit der unversehrt gebliebenen Teile des Sehfeldes beider Hemisphären, andererseits dadurch, daß das Tier durch allmähliche Übung es lernt, defekte Seheindrücke vollständiger auszunutzen, als in der ersten Zeit nach der Operation. Hält man die seelenblinden Tiere im Dunkelzimmer, wie dies in meinem Laboratorium geschah (Dr. Agadžanjanz), dann tritt unter diesen Bedingungen, wobei von einer Übung keine Rede sein kann, mit der Zeit dennoch eine allmähliche Wiederkehr des Sehvermögens ein.

Erwähnung verdient hier auch eine Beobachtung von Probst, welcher nach Abtragung des kortikalen Sehcentrums bei Bestehen von Hemianopsie bemerkte, daß die Tiere nach der Operation scheu wurden, sich zu verkriechen suchten und sich nur im Dunkeln wohl zu fühlen schienen. Alle diese Erscheinungen deuteten auf unzulängliche Orientierung im Raume.

Beachtenswert ist jedoch noch folgendes:

Entfernt man bilateral den Außenteil des Hinterhauptlappens ohne Beschädigung der tiefliegenden Teile, um nicht die im Markweiß verlaufenden Gratiolet'schen Bündel zu tangieren, dann resultiert bei den Versuchstieren keine totale und andauernde Blindheit. Denn schon alsbald nach der Operation bemerkt man bei ihnen Erscheinungen, welche nicht der totalen oder wahren Blindheit, sondern der sog. Seelenblindheit entsprechen. Darin liegt der Unterschied zwischen solchen Tieren und jenen, denen man beiderseits die medialen Teile der Occipitalrinde abgetragen hat. Denn in letzterem Falle handelt es sich nicht um Seelenblindheit, sondern um echte und totale Blindheit.

Dies alles spricht offenbar dafür, daß wir an der Außenfläche des Hinterhauptlappens ein Centrum haben, in welchem die Produkte optischer Perzeption, die im Gebiete des an der medialen Hinterlappenfläche befindlichen sensitiven Sehcentrums entstanden sind, abgelagert und weiter entwickelt werden. Diese weitere Entwicklung besteht in der Assoziation qualitativer optischer Perzeptionen mit Muskel- und anderen Empfindungen und motorischen Impulsen. Dies ermöglicht die Entstehung voller Gesichtsvorstellungen und dadurch das Orientierungsvermögen im umgebenden Raume. Wir haben also offenbar im Gebiete der Außenfläche des Occipitallappens ein „psycho-sensibles" bezw. „primäres" Sehcentrum als direkte Ergänzung des sekundären Sehcentrums, welches an der inneren Oberfläche des Occipitallappens zu lokalisieren ist.

Wenn daher das „sensitive" Sehcentrum an der Medianfläche des Occipitallappens zerstört ist, restituiert sich das Sehvermögen nicht, trotz des Vorhandenseins eines „psycho-sensiblen" Centrums an der Außenfläche des Occipitallappens, welches sich, beiläufig bemerkt, nicht auf den von Munk angegebenen Raum beschränkt, sondern ein größeres

Areal okkupiert. Dagegen bei Zerstörung des „psycho-sensiblen" Sehcentrums erfährt das Sehvermögen mit der Zeit eine Restitution, wohl infolge der Ablagerung assoziierter Sehbilder in anderen, der zerstörten Stelle benachbarten Gebieten oder gar im entsprechenden Centrum der anderen Hemisphäre.

Wie das „sensitive" Seheentrum an der Innenfläche des Occipitallappens scheint auch das psycho-sensible Sehcentrum in zwei Teile zu zerfallen: ein Gebiet für das centrale Sehen des kontralateralen Auges und ein zweites für das periphere Sehen der homonymen Netzhautseiten beider Augen.

Für diese Auffassung spricht der Umstand, daß ich bei ausgedehnten Läsionen der Parieto-occipitalregion Erscheinungen von bilateraler Hemianopsie mit Amblyopie des kontralateralen Auges und Verdunkelung der Gegend des Deutlichsehens feststellen konnte. Betraf die Läsion jedoch mehr den vorderen Teil der Parieto-occipitalregion, dann waren die Erscheinungen der Hemianopsie nicht selten wenig ausgesprochen und verschwanden sogar häufig bald nach der Operation unter Zurücklassung dauernder Amblyopie des kontralateralen Auges und vorwiegender Verdunkelung der Stelle des deutlichen Sehens.

Ganz analoge Erscheinungen bemerkte unlängst Dr. Agadžanjanz bei Gelegenheit diesbezüglicher Untersuchungen meines Laboratoriums.

Was die Verhältnisse bei den Affen betrifft, so darf man mit Rücksicht auf die hierbezüglichen Befunde Ferriers und anderer Autoren annehmen, daß das „psycho-sensible" Sehfeld dieser Tiere wahrscheinlich ebenfalls in zwei Teile zerfällt: für das centrale Sehen im Gyrus angularis und für die homonymen Seiten des peripheren Sehens in der übrigen Erstreckung der Außenfläche des Hinterhauptlappens.

Auf jeden Fall gelangt man auf Grund der bisherigen Darstellung zu dem Satz, daß in der Nachbarschaft des sensitiven Sehperzeptionscentrums an der Innenfläche des Occipitallappens ein besonderes Rindenfeld vorhanden sein muß, in welchem Sehimpulse sekundär abgelagert werden, welche durch neue Associationen mit anderen Sinneszeichen und motorischen Impulsen bereits umgearbeitet wurden und hier als optische Spuren bezw. Erinnerungsbilder bestehen. Diese psycho-sensitive Zone muß eine beträchtliche Ausdehnung haben, denn im Maße der Entwicklung eines Tieres häuft es immer größere Vorräte von Bildern an. Da der volle Sehakt nicht nur Sehen, sondern auch Unterscheiden voraussetzt, also das Erkennen der empfangenen Sehperzeption als neues Sehprodukt oder als schon früher im Bewußtsein aufgetretenes Bild, was durch Vergleichung des neuen Bildes mit früheren ähnlichen oder identischen Bildern ermöglicht wird, so muß die „psycho-sensitive" Sehsphäre sich während des Sehaktes beständig im Zustande der Tätigkeit befinden, ebenso wie die sensible Sehperzeptionssphäre.

Es sind also beide Rindenfelder zum Zustandekommen des vollen Sehaktes notwendig. Während aber die Zerstörung des an der medialen Occipitallappenfläche befindlichen sensiblen Sehperzeptionsgebietes dauernden Verlust des Sehvermögens nach sich zieht, vernichten Läsionen der psycho-sensitiven Sehsphäre das Sehvermögen, indem bei partieller Sehschwäche das Erkennen der gesehenen Gegenstände aufgehoben wird, nur vorübergehend, da im Laufe der Zeit durch Ablagerung asso-

ziierter optischer Bilder in den benachbarten Rindenteilen oder in der anderen Gehirnhemisphäre die Erzeugung neuer Bildervorräte und somit eine gewisse Wiederherstellung des Sehvermögens bewirkt wird.

Was nun die Frage betrifft, ob die optischen Bilder in diesen psycho-sensitiven Gebieten nach Farbe und räumlichen Beziehungen eine getrennte Lage in verschiedenen Teilen der Rinde einnehmen, wodurch manche Forscher die Erscheinungen der Farbenblindheit und die Störungen der Raumorientierung erklären wollen, so führte in dieser Beziehung die Untersuchung des Gesichtsfeldes operierter Affen und Hunde mit farbigen Geschmackstoffen (Marmelade und Karamellen von verschiedener Farbe, Dr. Agadžanjanz in meinem Laboratorium) zu einem total negativen Ergebnis, da bei den Tieren nie echte Farbenblindheit ohne gleichzeitig bestehende allgemeine Blindheit zu beobachten war (Fig. 418).



Fig. 418.
Affe. Zerstörung eines Teiles des rechten Hinterhauptlappens. Gewöhnliche und Farbenhemianopsie in denselben Grenzen. — Dr. Agadžanjanz, Laboratorium des Verfassers.

Die Frage der Farbenunterscheidung beim Hunde hat neuerdings sonderbarerweise eine förmliche Literatur hervorgerufen, nachdem von Pavlov's Laboratorium aus auf Grund von Versuchen mit dem bedingten Speichelreflex erklärt wurde, daß der Hund Farben nicht unterscheiden soll. Obwohl diese Behauptung von mehreren Seiten (Nagel, Gimstedt u. a.) auf Grund vollkommen objektiver Experimentalbefunde angegriffen wurde, ging aus Pavlov's Laboratorium eine Arbeit (Dr. Orbeli) hervor, in welcher zwar auf diese Gegenbefunde hingewiesen, aber daran festgehalten wurde, daß dem normalen Hunde eine Farbenorientierung fehlt. Diese offenbare Überschätzung der Speichelmethode drängte zu einer neuen Bearbeitung der Frage, diesmal aber mit einer Methode, welche jeden Zweifel an der Richtigkeit der erzielten Resultate ausschließt.

Zurückweisungen dieser übertriebenen Bevorzugung der Speichelmethode erfolgten von zwei Seiten.

Kalischer[1]) demonstrierte am 29. Januar 1909 in der Berliner Physiologischen Gesellschaft Hunde, bei welchen er früher die Perzeptionscentra (Hören, Sehen usw.) mit der Dressurmethode erfolgreich untersucht hatte. Als er mit der gleichen Methode den Farbensinn

[1]) Kalischer, Centralbl. f. Psychologie 1909, Nr. 6.

prüfte, konnte er das Vorhandensein desselben beim Hunde direkt feststellen. Er benutzte zu diesen Untersuchungen eine Serie elektrischer Glühlampen, unter welchen behufs gleichmäßiger Lichtverteilung eine frei bewegliche Tafel sich befand.

Die Hunde wurden in der Weise dressiert, daß sie sich nach Einstellung von Rot über die vorgelegten Fleischstücke hermachten, während sie bei allen anderen Farben, sowie im Dunkel ruhig liegen blieben. Man achtete dabei besonders auf eine möglichste Mannigfaltigkeit der Farbenintensitäten, um den Einwand auszuschließen, daß die Tiere sich an die verschiedenen Farbenintensitäten gewöhnen und daß sie etwa nach der Intensität, anstatt nach den Farben sich richten.

Hunde, denen man das Sehfeld der Hemisphärenrinde beidseitig abgetragen hatte, reagierten nicht mehr in der angegebenen Weise auf Farben, auf welche sie vor der Operation dressiert worden waren. Aber sie unterschieden Hell von Dunkel, denn im Dunkeln wandten sie sich von den Fleischstücken ab, während sie bei Licht, sowie bei jeder farbigen Beleuchtung danach zu schnüffeln suchten.

Zurückgewiesen wurde Pavlov's Auffassung fast gleichzeitig auch aus meinem Laboratorium auf Grund von methodologisch exakten Spezialversuchen mit assoziativ-motorischen Reflexen (Dr. Walker).

Die Versuchseinrichtung bestand dabei darin, daß der Hund sich in der Dunkelkammer im Gestell befand, an welches er vorher gewöhnt worden war. Seine Schnauze war dabei mittels einer besonderen Vorrichtung genau nach vorn gerichtet. In ein kleines Fenster, welches sich vor den Augen des Tieres befand, brachte man eine matte Glasplatte, an dessen anderer Seite sich ein geräuschlos rotierender Apparat mit farbigen Glühlämpchen befand. So konnte der Experimentator nach Belieben die matte Glasplatte bald mit der einen, bald mit der anderen Farbe beleuchten.

Man erzog dann bei dem Hunde in der gewöhnlichen Weise einen assoziativ-motorischen Reflex einer Extremität auf eine bestimmte Farbe mittels elektrischer Reizung der Extremität. Der so erzogene Reflex war anfangs, wie gewöhnlich, undifferenziert, eine, wie ich feststellen konnte, ganz allgemeine Eigenschaft sämtlicher Assoziationsreflexe. Später entsteht — durch vielfache Belebung des Reflexes mittels elektrischer Reizung und Unterdrückung durch Wiederholung der Reize durch andere Farben — ein differenzierter Assoziationsreflex: dann erfolgt die Pfotenbewegung nur auf eine bestimmte Farbe, auf welche der Reflex erzogen wurde; auf alle anderen Farben tritt gar keine Reaktion ein. In gleicher Weise kann der Reflex nach einander auch auf andere Farbe erzogen werden. Mit Hilfe dieser Methode läßt sich in einzelnen Versuchen jede Möglichkeit der Annahme ausschließen, daß das Versuchstier sich dabei nicht nach dem Farbenreiz, sondern nach der Lichtintensität richtet. Die ganze Frage also, hervorgegangen aus ungenau angestellten Experimenten mit der Speichelmethode, welche überhaupt viele ernste Mängel[1]) hat, ist damit nun endgültig, wie ja zu erwarten war, im Sinne einer beim Hunde vorhandenen Farbenreaktion entschieden.

---

[1]) W. v. Bechterew, Folia Neurobiologica 1910, Bd. 4.

Die Unzuläuglichkeit der Speichelmethode für die hier in Rede stehenden Fragen hat sich auch auf einem anderen Gebiet bemerkbar gemacht. Es ist aus demselben Laboratorium die Behauptung gemacht worden (Voskoboinikova-Granstrem), daß der Hund Farbenreize nicht topisch differenziere. Versuche meines Laboratoriums mit Assoziationsreflexen ergaben mit Entschiedenheit die Irrtümlichkeit dieser Behauptung.

6. Die Centra der Augenbewegungen im Gebiete des Occipitallappens.

a) Literarische Angaben.

Da der volle Sehakt auf die Erzeugung optischer Vorstellungen hinzielt, welche zur Orientierung im Raume führen, so müssen in der psycho-sensitiven Sphäre, in welcher die Sehvorstellungen abgelagert werden, Impulse auftauchen, welche die Muskulatur des Augapfels als Organ der Orientierung im umgebenden Raum in Bewegung versetzen.

In der Tat wird auch von einer ganzen Reihe von Forschern das Bestehen von Augenbewegungscentren im äußeren Abschnitte des Hinterhauptlappens angenommen.

Schon Hitzig lokalisierte im hinteren Teil der Parietalregion beim Hunde ein besonderes Centrum für die seitlichen Bewegungen der Augäpfel. Sodann ermittelte Ferrier bei einer ganzen Reihe von Tieren im Parietooccipitalgebiet der Rinde besondere Centra für die Bewegungen der Augäpfel nach der entgegengesetzten Seite. Er erklärte diese Bewegungen für reflektorisch, bedingt durch subjektive Zustände bezw. Reizung der Sinnescentra.

Bei der elektrischen Reizung des Gyrus angularis der Affen beobachtete Ferrier Augen- und Kopfbewegungen nach der entgegengesetzten Seite, begleitet bald von Erweiterung, bald von Verengerung der Pupillen. Auch bei anderen Tieren, so beim Hunde, konnte Ferrier diese von entsprechenden Rindenstellen aus hervorrufen. Luciani, Tamburini und andere Forscher erhielten die nämlichen Bewegungen auch vom Occipitallappen aus. Es fehlt in der Literatur auch nicht an Angaben über das Auftreten von Bewegungen allgemeinerer Art bei der Reizung der hinteren Teile der Hemisphärenrinde.[1])

Spätere Untersuchungsbefunde sprechen für das Bestehen naher Beziehungen zwischen Netzhautprojektion auf der Oberfläche des Occipitallappens einerseits und den entsprechenden bei Reizung der Occipitallappenrinde auftretenden Bulbusbewegungen andererseits.

Beachtung verdienen in dieser Beziehung vor allem die Befunde Schäffers. Seine Reizungsversuche am Occipitallappen der Affen sollen Munks Lehre von der kortikalen Projektion der Netzhaut bestätigen. Seinen Versuchen zufolge ist, soweit man aus den Bewegungen der Augäpfel Rückschlüsse über die Lokalisation der Gesichtseindrücke in der Netzhaut machen kann, anzunehmen, daß das Sehfeld jeder Hemisphäre mit den entsprechenden Teilen beider Netzhäute zusammenhängt; die oberen Teile der Netzhaut entsprechen den vorderen Teilen des Sehfeldes, die unteren Teile der Netzhaut den hinteren Abschnitten des Sehfeldes.

---

[1]) Zelerizki, Dissert., St. Petersburg 1890.

Obregia machte (in Munk's[1]) Laboratorium) analoge Versuche am Occipitallappen des Hundes. In seinem Bericht über diese Untersuchungen bemerkt Munk unter anderem, seine Lehre von dem Zusammenhang des kortikalen Sehfeldes des Menschen und der Affen mit beiden Netzhäuten, des Hundes zu $^3/_4$ mit der kontralateralen, zu $^1/_4$ mit der homolateralen Netzhaut sei gegenwärtig nahezu allgemein anerkannt. Nicht alle aber teilen seine Ansicht über die Projektion der Netzhaut im Sehfelde. Daher erachte er Reizungsversuche am Sehfelde, die seine Projektionslehre bestätigen, für besonders wichtig. Obregia geht von der Voraussetzung aus, daß die Reizung bestimmter Netzhautstellen zum Bewußtsein gelangt als Lichterscheinung, welche außen und in diagonal entgegengesetzter Riehtung gelegen ist. Diese subjektive Empfindung äußert sich als Bewegung der Augäpfel in der Richtung der virtuellen Lichtquelle. Die von ihm bei der Reizung der Sehsphäre erzielten Wirkungen deuteten auf Koinzidenz der gereizten Rindenpunkte mit entsprechenden Netzhautstellen im Sinne von Munk. Denn die faradische Reizung der Rinde bewirkte jedesmal eine assoziierte Außenbewegung nach der den entsprechenden Netzhautstellen diagonal entgegengesetzten Richtung.

Es bewirkt also die Reizung des vorderen Teiles der Sehsphäre, welche nach Munk den oberen Netzhautteilen entspricht, Bulbusbewegungen nach unten, die Reizung der hinteren Teile Augenbewegungen nach oben; die Reizung der Mitte der A'-sphäre, welche dem Orte des deutlichen Sehens entspricht, erzeugt eine schwache Konvergenz wie beim Fixieren, ganz wie wenn auf der Netzhaut der Ort des deutlichen Sehens erregt würde. Die Reizung der seitlichen Zone der Sehsphäre deutet auf den lateralsten Teil der homolateralen Netzhaut, die Reizung der Mitte der ersten Windung deutet auf die mediale Abteilung der kontralateralen Netzhaut.

Alle diese Bewegungen haben nach der Ansicht Munk's mit Willkürbewegungen nichts zu tun, sondern stehen in Besiehung zu jenen Gesichtseindrücken, welche den Blick richten, um undeutlich Gesehenes zu fixieren. Daher muß die Sehsphäre außer Fasern, welche zum Sehen bestimmt sind, noch Stabkranzfasern enthalten, welche die Sehsphäre mit den subkortikalen Regionen des Gehirns verbinden. Die Durchschneidung dieser Fasern hebt nach Munk's Angabe die Wirkung der elektrischen Reizung der Sehsphäre auf.

Der tatsäehliche Inhalt dieser Untersuchungen ist sodann durch Zelerizki bestätigt worden. Er fand, daß die Reizung der Sphäre A' Veränderungen der Pupillenweite bewirkt. Die Pupillen werden anfangs enger, dann weiter, und gleichzeitig erfolgen Bewegungen der Augäpfel, und zwar bei Reizung der vorderen Teile der Sehsphäre Augapfelbewegungen nach oben, bei Reizung des hinteren Teiles der Sehsphäre Augapfelbewegungen nach unten, bei Reizung der Mitte der Sehsphäre kontralaterale Seitwärtsbewegungen der Augäpfel. Diese Bewegungen verschwinden auch nicht bei zirkulärer Umschneidung der Sphäre A', noch auch im Gefolge von Einschnitten am vorderen, hinteren und unteren Rande derselben. Erst ein Schnitt an der Grenze der ersten Windung stört die geschilderten Bewegungseffekte.

---

[1]) H. Munk, Sehsphäre und Augenbewegungen. Arch. f. Physiol. 1890, S. 260—280.

Als neu in dieser Arbeit ist die Angabe zu erwähnen, daß die gleichzeitige Reizung symmetrischer Punkte beider Hemisphären im Gebiete von *A'* einen bestimmten Antagonismus der Augapfelaktionen hervorruft, wobei die Augenachsen sich zu einander parallel stellen und die Bulbi geringe nystagmusartige Bewegungen ausführen. Nach erfolgter Abtragung der Gehirnrinde bewirkt, wie sich hierbei weiter herausstellte, die Reizung der subkortikalen weißen Substanz ebenfalls die vorhin geschilderten Bulbusbewegungen und zwar noch um vieles leichter, woraus der Schluß gezogen wird, daß diese Bewegungen nicht durch subjektive Seheindrücke bedingt werden, sondern durch eine Reizung der hier vorhandenen motorischen Leitungsbahnen. Die Zerstörung der Vierhügel führt, wie schließlich noch festgestellt wird, zu einer Abnahme oder zu totalem Aussetzen der Augapfelbewegungen, welche man durch Reizung der Gehirnrinde sonst erzielt.

Bei einer Wiederholung der Versuche von Munk und Obregia über die Erscheinungen der faradischen Reizung der sogenannten Sehsphäre gelangte Berger[1]) im allgemeinen zu den gleichen Resultaten, wie diese Autoren. Er erklärt die Erscheinungen ganz im Sinne der Munk'schen Auffassungen, nimmt also an, daß unter dem Einflusse elektrischer Reizung subjektive Lichtempfindungen zu Stande kommen. Zum Beweise dafür vernähte er einem jungen Hunde die Augenlider. Als man zehn Monate nach dieser Operation die Lider öffnete und zur Reizung der Sehsphäre schritt, so konnten charakteristische Bulbusbewegungen nicht erzielt werden.

Dennoch stellt sich Berger die kortikale Projektion der Netzhaut anders vor, als Munk. Er sucht nachzuweisen, daß beim Hunde jede Hemisphäre einer Hälfte des Gesichtsfeldes entspricht, wobei die halbe Netzhaut auf der Hemisphäre so projiziert erscheint, daß dem Innenrande der Sehsphäre die der Macula lutea zugewandten Netzhautteile, dem Seitenrande der Sehsphäre die peripheren Teile der Netzhaut entsprechen.

Es soll hier noch erwähnt werden, daß Grünbaum und Sherrington[2]) bei den anthropoiden Affen assoziierte Augenbewegungen erzielten nicht nur vom hinteren Ende der Außenfläche des Occipitallappens, sondern auch von der Gegend der Fissura calcarina; von letzterer Stelle aus freilich treten diese Bewegungen nicht so leicht auf, wie von der Außenfläche des Occipitallappens.

b) Experimentelle Ergebnisse.

Bei Gelegenheit meiner eigenen Untersuchungen[3]), welche bereits vor langer Zeit veröffenlicht wurden, bemerkte ich ebenfalls beim Hunde und der Katze am Orte der zweiten Primärwindung ungefähr in der Mitte des Abstandes zwischen Hinterrand des Gyrus sigmoideus und Occipitalpol der Hemisphäre ein Centrum, welches im Falle der Reizung

---

[1]) H. Berger, Exper. Unters. über die von der Sehsphäre ausgelösten Augenbewegungen. Monatsschr. f. Psych. 1901, Bd. 9.

[2]) Grünbaum and Sherrington, Observations on the physiology etc. Royal Society 1901. Neurolog. Centralbl. 1902

[3]) Bechterew, Physiologie der motorischen Zone der Gehirnrinde. Archiv psychiatr. 1886—87.

kontralaterale Seitwärtsbewegungen der Augenbulbi bewirkt bei Verengerung der Pupillen und leichterem Lidschluß.

Die zirkuläre Umschneidung dieser Rindenstelle, und ebenso die vorherige Abtragung der motorischen Zone hoben die erwähnte Wirkung der Reizung derselben nicht auf. Wohl aber vernichtete ihre Unterminierung sogleich jeden motorischen Effekt, wobei jedoch Erscheinungen von Paralyse der entsprechenden Muskeln nicht bestanden.

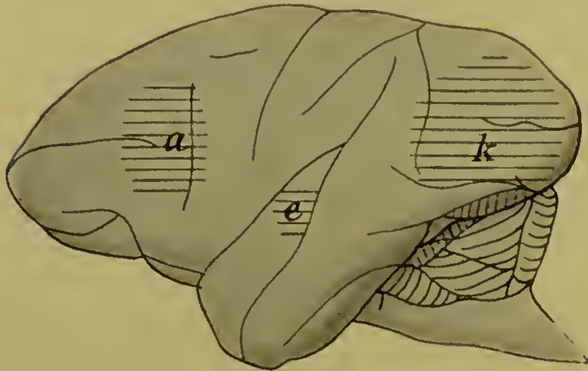


Fig. 419.
Gehirn von Macacus. — *a* frontales, *k* occipitales, *e* temporales Augenbewegungscentrum.

Bei weiteren Untersuchungen an Affen erzielte ich vom Occipitallappen aus (Fig. 421) ebenfalls charakteristische Augenbewegungen, und zwar bei Reizung der vorderen Abschnitte des Occipitallappens Bewegungen nach der entgegengesetzten Seite oder nach seitwärts-unten, bei Reizung der hinteren und hinteren-äußeren Teile der Occipitalregion Augendeviationen nach der entgegengesetzten Seite und nach oben. Außerdem erhielt ich von einem Punkte hinter der Vereinigungsstelle der Fissura Sylvii mit der Fissura temporalis prima deutliche Divergenzstellung der Augenachsen mit Erweiterung der Pupillen, und von einem anderen dicht nach außen von dem vorigen belegenen Punkt aus deutliche Konvergenzstellung der Augen mit Verengerung der Pupillen (Fig. 421). Die Bulbusbewegungen waren in bemerkenswerter Weise dabei manchmal

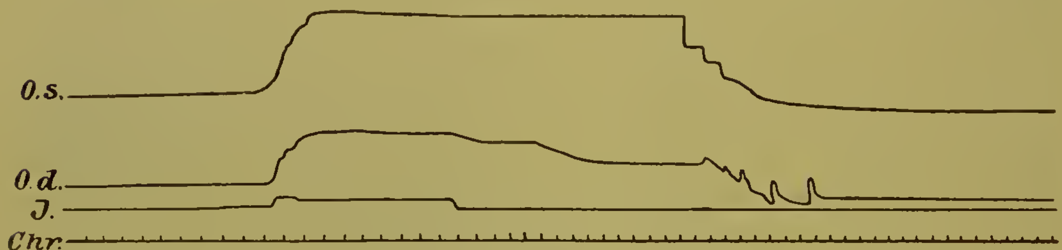


Fig. 420.
Kurve, erhalten bei Reizung des occipitalen Rindenfeldes *k*. — Bezeichnungen wie in Fig. 422.

von gleichsinnigen Kopfbewegungen begleitet. Setzte man die Reizung aus, dann wichen die Augäpfel zuweilen spontan nach der anderen, der Reizung entsprechenden Seite ab.

Eingehende Untersuchungen über das Verhalten des occipitalen Augencentrums sind dann in meinem Laboratorium ausgeführt worden (Dr. Gerver).[1] Wie sich dabei herausstellte, hat von den Rindenstellen welche auf die Motilität des Auges einwirken, das occipitale

[1]) Gerver, Über die Rindencentra der Augenbewegungen. Dissert. St. Petersburg 1889.

Feld eine Ausdehnung von ca. 2 cm im Durchmesser und kreisförmige Gestalt. Es befindet sich im Bereiche der zweiten, dritten und zum Teil auch der vierten Primärwindung. Seine Mitte entspricht einem Punkte, welcher im Bereiche der dritten Windung in der Mitte des Abstandes zwischen Occipitalpol und Sulcus cruciatus zu liegen kommt.

Bei der elektrischen Reizung dieses Rindenfeldes erhält man gewöhnliche Seitwärtsbewegungen der Augenbulbi kontralateral zu der gereizten Hemisphäre (Fig. 421). Doch ist zu bemerken, daß die Reizung der vorderen Abschnitte dieses Feldes in manchen Fällen Augenbewegungen nach unten, die Reizung seiner hinteren Abschnitte in einzelnen Fällen Augenbewegungen nach oben bewirkt. Auch erhielt man gelegentlich von einer und derselben Stelle des geschilderten Rindenfeldes Bulbusbewegungen bald nach unten, bald nach oben. Wie in meinen Versuchen, hob auch hier die Umschneidung des Rindenfeldes die Bewegungen nicht auf; im Falle der Unterminierung jedoch bedurfte es größerer Reizstärken, um einen entsprechenden Erfolg zu erzielen.

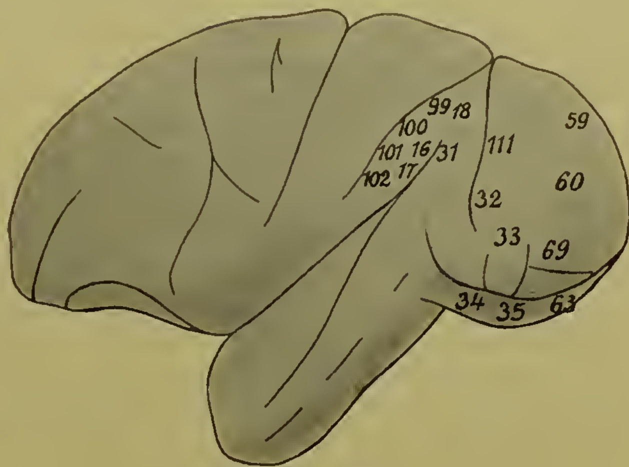


Fig. 421.

Gehirn von Macacus. — Es erfolgte auf Reizung der Punkte: *99* und *100* Deviation der Augen nach rechts und oben; *101* Deviation der Augen nach rechts und unten; *102* Deviation der Augen nach rechts; *16* Verengerung der Pupillen, Deviation der Augen nach oben und ein wenig nach vorne; *17* Erweiterung der Pupillen, Divergenz der Augenachsen wie beim Fernsehen; *18* hochgradige Deviation der Augen nach außen und ein wenig nach oben bei Verengerung der Pupillen; *31* Deviation der Augen nach rechts und ein wenig nach unten.



Fig. 422.

Kurve, erhalten bei Reizung der Außenfläche der Vorderlappen des Hundes. Im Beginn der Reizung des Markweißes im Bereiche des Feldes *a* der linken Hemisphäre (Munk's *A'*) vollführten beide Augen des Hundes eine lebhafte Bewegung nach rechts, blieben in dieser Stellung 3—4 Sekunden stehen und kehrten dann zur Ruhestellung zurück. — *O. s.* linkes, *O. d.* rechtes Auge, *J.* Reizindikator, *Chr.* Zeit in Sekunden.

Gleiche Wirkungen hat auch die Reizung der subkortikalen weißen Substanz an der angegebenen Stelle, nur ist ihre Erregbarkeit nicht so groß, als die der Gehirnrinde (Fig. 422). Im allgemeinen ist die Erregbarkeit des occipitalen Augenbewegungsfeldes geringer, als die Erregbarkeit des frontalen Augenbewegungsfeldes. Daher ergibt die gleichzeitige Reizung des occipitalen Feldes der einen Hemisphäre und des frontalen Feldes der anderen Hemisphäre mit gleichstarken Strömen Augenbewegungen, welche dem frontalen Felde entsprechen.

Wie auch in meinen Versuchen, lieferte die Abtragung des betrachteten Centrums keine merkliche Lähmung der Augenbewegungen, im Gegensatz zu den Folgeerscheinungen der Exstirpation des frontalen Centrums. Quere Einschnitte längs dem Sulcus cruciatus der Hemisphäre, also nach vorn vom occipitalen Augenfelde, veränderten nicht die Wirkung seiner Reizung. Auch hat die Abtragung des frontalen Feldes keinen Einfluß auf den Effekt der Reizung des occipitalen Feldes, woraus folgt, daß letzteres Feld seine selbständigen, eigenen Leitungsbahnen hat, nicht aber etwa durch Vermittlung des frontalen Centrums auf die Augenbewegungen Einfluß übt.

Dagegen hebt die Durchschneidung des vorderen Vierhügels die Wirkung der Reizung des occipitalen Feldes auf die Augenbewegungen ganz auf, ohne den Erfolg der Reizung des frontalen Centrums zu vernichten.

Daraus erhellt, daß das occipitale Augenbewegungsfeld seine Wirkung auf die Augapfelmuskeln durch Vermittlung des vorderen Vierhügels ausübt.

Es wurde vorhin bereits erwähnt, daß die Reizung des occipitalen Feldes in dessen mittlerem Teil stets kontralaterale Seitwärtsbewegungen der Augäpfel bewirkt. In einzelnen, wenn auch bei weitem nicht in allen Fällen erzeugt die Reizung der vorderen Abschnitte dieses Rindenfeldes Bulbusbewegungen nach unten, die Reizung seiner hinteren Abschnitte Bulbusbewegungen nach oben.

Das Vorwiegen der seitlichen Augendeviationen in vielen Fällen ist offenbar ein Zeichen, daß das subkortikale Centrum des Nervus abducens eine größere Erregbarkeit hat, als die Centren der übrigen Augenmuskelnerven. Durchschnitt man aber den Musculus rectus medialis auf der Reizseite und den Musculus rectus lateralis auf der der gereizten Hemisphäre entgegengesetzten Seite, dann bewirkte die Reizung verschiedener Punkte des occipitalen Augenfeldes beim Hunde nur Auf- und Abwärtsbewegungen der Augen, wobei die Reizung des vorderen Abschnittes dieses Feldes gewöhnlich Abwärtsbewegungen, die Reizung seines hinteren Abschnittes Aufwärtsbewegungen der Augen auslöste.

Munk, Obregia und Schäffer beziehen, wie wir vorhin bereits erwähnten, die bei Reizung des occipitalen Augenfeldes einsetzenden Bulbusbewegungen auf Verbindungen der hier vorhandenen Sehsphäre mit den verschiedenen Teilen der Netzhaut.

Munk z. B. nimmt an, daß der alleroberste Teil der Sehsphäre mit den oberen Netzhautpartien zusammenhängt, der allerunterste Teil der Sehsphäre mit den unteren Netzhautpartien, die Mitte der Sehsphäre mit den mittleren und inneren Partien der Netzhaut.

Da bei Gerver's Versuchen die Reizung der vorderen Teile des occipitalen Augenfeldes weitaus nicht konstant Abwärtsbewegungen der Augäpfel auslöste (Fig. 423), wie auch die Reizung der hinteren Teile dieses Feldes Aufwärtsbewegungen der Augäpfel, nicht selten aber Reizung des vorderen und hinteren Teiles kontralaterale Seitwärtsdeviationen zur Folge hatte, während Aufwärts- und Abwärtsbewegungen dabei garnicht zur Beobachtung kamen und in manchen Fällen die Reizung eines und desselben Rindenpunktes bald Abwärtsbewegungen, bald Aufwärtsbewegungen nach sich zog, so ist zu schließen, daß das Munk-Schaffer'sche Schema an gewissen Ungenauigkeiten leidet.

Man wird ferner zu der Annahme gedrängt, daß Teile des vorderen Abschnittes des occipitalen Augenfeldes in Verbindung stehen nicht nur mit den oberen Netzhautpartien, sondern zum Teil auch mit anderen Netzhautgegenden, und ebenso müssen die unteren Abschnitte des Augenfeldes nicht bloß mit den unteren, sondern zum Teil auch mit anderen Gegenden der Netzhaut im Zusammenhange stehen.

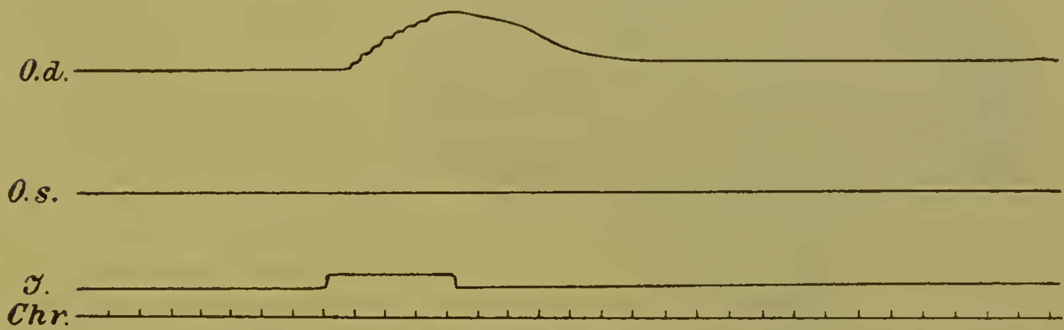


Fig. 423.
Kurve, erhalten bei Reizung des Rindenfeldes *k*. Bezeichnungen wie in Fig. 422

Das Überwiegen der seitlichen Augendeviationen beruht höchstwahrscheinlich darauf, daß die den mittleren Netzhautabschnitten angehörenden Fasern in Beziehung stehen nicht nur zu dem mittleren Teil des occipitalen Augenfeldes, sondern auch zu dessen vorderen und hinteren Teilen. In Betracht kommt auch die Möglichkeit einer größeren Erregbarkeit der subkortikalen Centra für die seitlichen Augenbewegungen im Vergleich zu den Centren für die übrigen Augenbewegungen.

Jedenfalls wird es bei dieser Auffassung verständlich, warum in vielen Fällen die Reizung beliebiger Stellen des occipitalen Augenfeldes Seitwärtsbewegungen der Augäpfel bewirkt, während nach erfolgter Durchschneidung der diese Bewegungen hervorrufenden Muskeln von den vorderen Abschnitten dieses Feldes Abwärtsbewegungen, von seinen hinteren Abschnitten aus Aufwärtsbewegungen der Augäpfel erzielt werden.

c) Die Folgeerscheinungen der Reizung des Gyrus angularis.

Meine Untersuchungen haben dargetan, daß Centra der Augenbewegungen nicht nur im Occipitalgebiet, sondern auch im hinteren Teil des Parietallappens vorhanden sind, ganz abgesehen von den Centren, welche im Temporallappen und in der motorischen Zone ihre Lage haben.

Über das Augencentrum im hinteren Teil der Parietalregion beim Hunde war bereits früher die Rede.

Was die Verhältnisse bei den Affen betrifft, so geht aus den Erscheinungen der Rindenreizung hervor, daß Bewegungen der Augäpfel und Veränderungen der Pupillenweite nicht nur von der Occipitalregion aus, sondern auch vom hinteren Teil des Parietallappens bezw. vom Gyrus angularis auslöschbar sind.

Was die bei Reizung des Gyrus angularis zu beobachtenden Erscheinungen betrifft (Fig. 424), so ist zu bemerken, daß man hier von verschiedenen Punkten aus im ganzen die gleichen Bewegungen erhält, nämlich nach oben und, nach der entgegengesetzten Seite, direkt kontralateral seitlich, endlich kontralateral seitlich und abwärts. Jedoch ist die Art und Weise der Verteilung dieser Bewegungen eine etwas andere, denn Bewegungen kontralateral-seitlich und kontralateral und -abwärts erhält man mehr von den äußeren Teilen des Gyrus angularis, Bewegungen kontralateral und aufwärts mehr von den inneren Teilen dieses Gyrus.

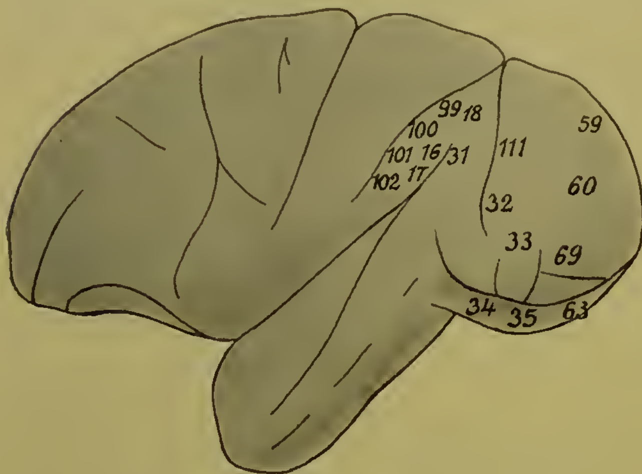


Fig. 424.

Gehirn von Macacus. — Es erfolgte auf Reizung der Punkte: *99* und *100* Deviation der Augen nach rechts und oben; *101* Deviation der Augen nach rechts und unten; *102* Deviation der Augen nach rechts; *16* Verengerung der Pupillen, Deviation der Augen nach oben und ein wenig nach vorne; *17* Erweiterung der Pupillen, Divergenz der Augenachsen wie beim Fernsehen; *18* hochgradige Deviation der Augen nach außen und ein wenig nach oben bei Verengerung der Pupillen; *31* Deviation der Augen nach rechts und ein wenig nach unten.

Im Falle stärkerer Reizung gesellen sich zu den Augenbewegungen noch gleichgerichtete Kopfbewegungen; die Auf- und Abwärtsbewegungen der Augen werden außerdem stets von entsprechenden Lidbewegungen begleitet.

Hinzuweisen wäre hier ferner auf das von mir aufgefundene Centrum der Augendivergenz, welches bei den Affen im mittleren Teil des vorderen Abschnittes des Gyrus angularis seine Lage hat, also in demjenigen Teil dieser Windung, welcher nach vorn vom hinteren Ende der Fissura Sylvii nach ihrem Zusammenfluß mit der oberen Schläfenfurche sich befindet. Hier bewirkt die Reizung einer genau umschriebenen Stelle eine deutliche Divergenz der Augenachsen wie beim Sehen in die Ferne, verbunden mit leichter Hebung der Augenlider und Pupillenerweiterung.

Im Bereiche derselben Windung, aber in ihrem unteren oder äußeren Teil, vor und etwas nach unten von der Vereinigungsstelle der Fissura Sylvii mit der oberen Schläfenfurche ist von mir auch ein spezielles Konvergenzcentrum nachgewiesen worden. Seine Reizung erzeugt Konvergenz der Augenachsen unter deutlicher Verengerung der Pupillen.

Zu betonen ist schließlich, daß sämtliche vorhin betrachtete Augenbewegungen den primären oder subkortikalen Augenbewegungscentren nicht direkt, sondern unter Durchgang durch den vorderen Vierhügel übermittelt werden. Denn im Falle der Zerstörung dieses Vierhügels können von den hinteren Teilen der Hemisphärenrinde keinerlei Augenbewegungen ausgelöst werden.

Nach den anatomischen Verhältnissen zu urteilen, muß die Fortleitung der motorischen Impulse vom occipitalen Centrum aus durch Vermittlung centrifugaler Fasern der Gratiolet'schen Sehstrahlung von statten gehen. Die Leitung vom parietalen Centrum übernehmen wohl Faserzüge, welche den Scheitellappen mit dem Vierhügel in Verbindung setzen.

d) Die Bedeutung der Augencentra des Occipitallappens.

Was die Bedeutung der im Vorstehenden betrachteten Bewegungen betrifft, so stimmen alle Autoren darin überein, daß die hier in Betracht kommenden Centra nicht „willkürlich"-motorischer Art sein können. Dies erhellt schon daraus, daß die Abtragung dieser Centra keine Lähmung der entsprechenden Bewegungen nach sich zieht. Die meisten Autoren nehmen, wie wir sahen, an, daß die geschilderten Augenbewegungen in direkter Beziehung stehen zu subjektiven bezw. optischen Erscheinungen und angeblich durch sie bedingt werden sollen. Man geht dabei von der Voraussetzung aus, daß im Falle der Reizung der in Rede stehenden Rindenstellen im Tierversuche optische Empfindungen in bestimmten Teilen des Gesichtsfeldes auftreten und daß die Augen des Tieres sich dem entsprechend nach der Seite des optischen Bildes wenden, also entweder lateralwärts, oder aufwärts oder abwärts. Aber schon die Inkonstanz der Wirkung, von welcher früher die Rede war, spricht gegen diese Auffassung. Entschieden ungünstig ist ihr aber auch die Tatsache, daß die nämlichen Bewegungserscheinungen auch nach erfolgter Abtragung der Gehirnrinde bei Reizung der subkortikalen weißen Substanz ebenfalls noch erzielt werden können.

Speziell auf die Bedeutung der parietalen Augenbewegungscentren gehe ich hier nicht näher ein. Im ganzen sind aber die Bewegungen, welche man durch Reizung der hinteren Rindenregionen erzielt, reflektorischer Natur. Ihre Ursache liegt aber nach meiner Ansicht nicht in subjektiven Empfindungen oder Vorstellungen, sondern darin, daß von früher Kindheit an mit bestimmten optischen Empfindungen und Vorstellungen bestimmte Formen der Augenbewegungen assoziiert werden. Für diese bildeten sich dann besondere Reflexcentra im Bereiche der Sehsphäre als Bildungsstätte der optischen Vorstellungen.

Wir haben es hier also zu tun mit echten motorischen Centren, aber nicht „willkürlicher", sondern reflektorischer oder außerwillkürlicher Natur, deren Tätigkeit in unmittelbarem Zusammenhange mit optischen Eindrücken steht.

Daher kommt es, wenn diese Centra ausfallen, bei den Versuchstieren nicht zur motorischen Lähmung der fraglichen Bewegungen. Aber zugleich mit dem Sehvermögen ist in diesem Fall der gesamte Komplex der Bewegungen aufgehoben, welche mit der Funktion des Sehens zusammenhängen.

e) Die Pupillencentra der Sehsphäre.

Außer Augapfelbewegungen erhält man von der Sehsphäre aus Veränderungen der Pupillenweite, welche zum Teil mit den Divergenz- und Konvergenzbewegungen zusammenhängen.

Was die Erweiterung der Pupillen betrifft, welche bei der Reizung der Occipitalrinde auftritt, so liegen Angaben hierüber schon seit längerer Zeit vor. Ich beobachtete diese Erscheinung konstant als Folge von Reizung der Gegend des Augencentrums im hinteren Abschnitt der Hemisphärenrinde. Weitere Versuche an Affen, über welche vorhin die Rede war, zeigten mir, daß die Pupillenerweiterung eine gewöhnliche Begleiterscheinung der Augendivergenz bei Reizung des entsprechenden Centrums im Gyrus angularis ist. Doch ist, wie ich ferner bei diesen Versuchen einsah, Pupillenerweiterung bei den Affen auch auslösbar von einer Rindenstelle jenseits der Fissura Sylvii, im Bereiche des Occipitallappens, und zwar begleitet von einer Augendeviation nach der entgegengesetzten Seite und nach hinten. Diese Wirkung ist in bemerkenswerter Weise auch nach vorheriger Durchschneidung des Halssympathicus noch vorhanden.

Parsons[1]) hat später nachgewiesen, daß Erweiterung der Pupillen bei Durchschneidung nicht nur des Halssympathicus, sondern auch des Trigeminus, sowie des Corpus callosum stattfindet, während die Durchschneidung des N. oculomotorius diese Wirkung vollkommen aufhebt, woraus mit vollem Recht zu schließen ist, daß es sich um eine Hemmung des Oculomotoriuskerns handelt, wie dies schon früher von Mislavski[2]) nachgewiesen worden ist.

Was die Verengerung der Pupille betrifft, so habe ich schon vor langer Zeit[3]) nachgewiesen, daß die Reizung der Region der zweiten Primärwindung in der Mitte des Abstandes zwischen hinterem Rande des Gyrus sigmoideus und Occipitalpol des Gehirns beim Hunde neben seitlicher Bulbusdeviation eine von leichtem Lidschlusse begleitete Verengerung der Pupillen hervorruft.

Angelucci hat sich zwar auf Grund von Versuchen in dem Sinne geäußert, daß in der Gehirnrinde ein besonderes Centrum der Pupillenverengerung nicht existiert; allein auch spätere Untersuchungen meines Laboratoriums drängen zu der Annahme eines kortikalen Pupillenverengerungscentrums. In neuerer Zeit ist die Frage dieser Centra beim Hunde durch Prof. Pilz in meinem Laboratorium wieder aufgenommen worden, nachdem er vorher schon diese Centren beim Kaninchen studiert hatte.

Zugleich untersuchte ich eingehend die Pupillenverengerungscentren im Bereiche der Sehsphäre der Affen. Es gelang mir dabei von bestimmten Stellen der Occipitalregion, sowie vom Gyrus angularis aus neben Augendeviationen auch Verengerung der Pupillen zu erzielen.

In der Occipitalregion liegt die Stelle, welche Verengerung der Pupille ergibt, in der Nähe und ein wenig nach unten von dem Pupillen-

---

[1]) Parsons, On dilatation of the pupil from stimulation of the cortex cerebri. Journ. of phys. Bd 26.

[2]) Mislavski, Nevrolog. vêstn. 1903.

[3]) Bechterew, Physiologie der motorischen Zone der Gehirnrinde, 1886—1887.

erweiterungsfelde (Fig. 425). Die Pupillenverengerung ist dabei konstant begleitet von hochgradiger Konvergenz der Augenachsen. Auch bei der Reizung des Konvergenzcentrums im unteren-vorderen Abschnitt des Gyrus angularis erhält man neben Konvergenz der Augenachsen zugleich Verengerung der Pupillen (Fig. 425). Übrigens ergab mir die Reizung des oberen-vorderen Abschnittes des Gyrus angularis Pupillenverengerung neben Deviation der Augen nach der entgegengesetzten Seite und nach oben. Offenbar ist die Pupillenverengerung in diesen Fällen nicht Folge von Konvergenz, sondern eine Erscheinung für sich.

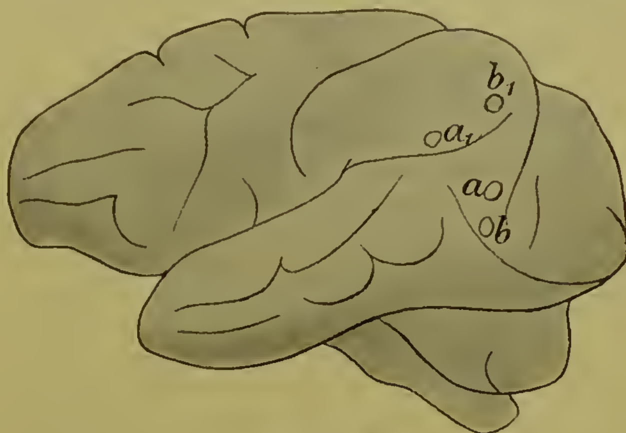


Fig. 425.
Gehirnoberfläche von Macacus. — Es bewirkt die Reizung der Punkte a, a' Pupillenerweiterung, der Punkte b, b' Pupillenverengerung.

Es verdient schließlich Beachtung, daß von der Rinde des Occipitallappens, wie auch von der Rinde des Parietallappens einer Hemisphäre die Wirkung stets zweiseitig auftritt; nie ist eine einseitige Wirkung unter diesen Verhältnissen zu beobachten.

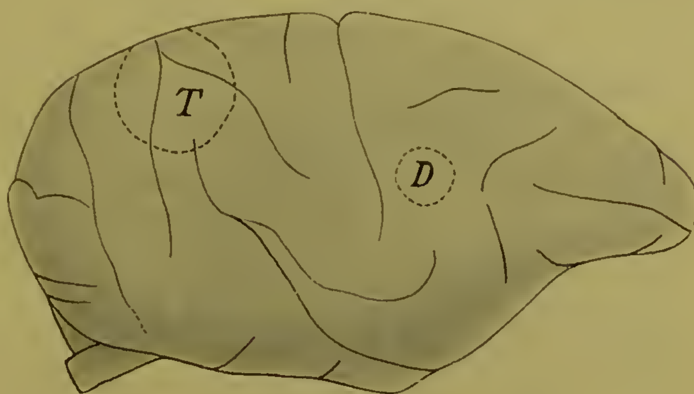


Fig. 426.
Gehirnoberfläche von Macacus. — Es bewirkt die Reizung der Punkte T und D Spannung der Akkommodation.

f) Die Rindencentra der Akkommodation in der Sehsphäre.

Es ist mehr als wahrscheinlich, daß sowohl bei der Pupillenerweiterung mit Divergenz der Augenachsen wie beim Sehen in die Ferne, als auch bei der Pupillenverengerung, welche nicht selten von Divergenz der Augenachsen wie beim Sehen in die Nähe begleitet wird, entsprechende Akkommodationsbewegungen der Augen erfolgen.

Diese Voraussetzung führt zu dem Gedanken, ob hier nicht auch kortikale Centra der Akkommodation ihre Lage haben. Nachdem ich festgestellt, daß das Rindenfeld am vorderen Rande des Occipitallappens der Affen konstant äußerst hochgradige Pupillenverengung ergibt, sprach ich schon vor längerer Zeit[1]) die Annahme aus, daß das nämliche

[1]) Bechterew, Obosrên. psihiatr. 1899, Nr. 7.

Centrum auch Akkommodationsspannung bewirkt bezw. daß das Akkommodationscentrum sich in nächster Nähe jener Rindenstelle befinden muß.

Im Hinblick hierauf ließ ich in meinem Laboratorium sodann ganz spezielle Untersuchungen über die kortikalen Akkommodationscentra durchführen (Dr. Bělicki).

Diesen Untersuchungen[1]) zufolge erhält man bei der elektrischen Reizung des hinteren Drittels des Scheitellappens und der vorderen Occipitalregion (Fig. 425 *a, b* und 426 *T*) beim Hunde und bei den Affen Akkommodationsspannung, und zwar an beiden Augen (Fig. 427 und 428).

Die Umschneidung des Rindenfeldes hatte auf diese Wirkung gar keinen Einfluß.

Selbst die Durchschneidung der Hemisphäre vor dem parieto-occipitalen Akkommodationsfelde erzeugte keine Veränderungen des

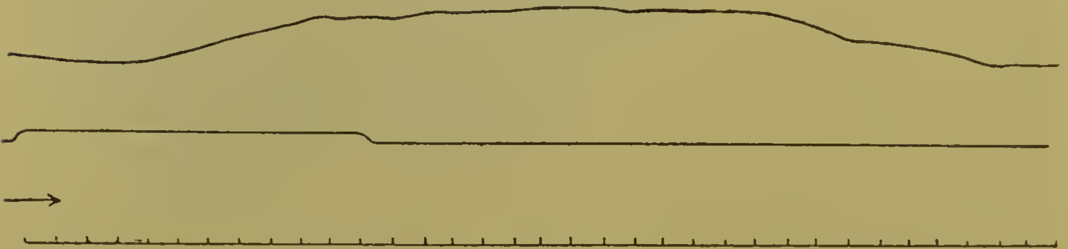


Fig. 427.
Kurve, erhalten bei Reizung des Feldes *T* links der Fig. 426. Rechtes Auge.

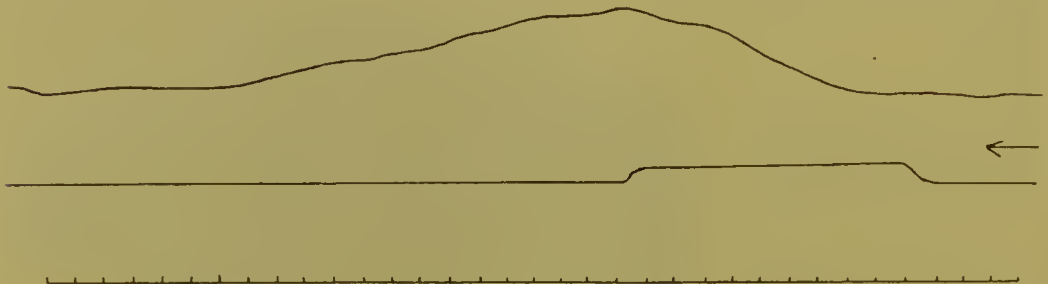


Fig. 428.
Kurve, erhalten bei Reizung des Feldes *T* links der Fig. 426. Linkes Auge.

Reizungseffektes. Man muß daraus schließen, daß das betreffende Rindenfeld vollkommen selbständig und unabhängig von dem vorderen oder frontalen Akkommodationsfelde ist, welches nach Untersuchungsbefunden meines Laboratoriums (Dr. Bělicki) im Bereiche der motorischen Zone seine Lage hat.

Bei den Affen erzielt man durch elektrische Reizung vor dem oberen Drittel der Fissura calcarina an der medialen Hemisphärenoberfläche ebenfalls Veränderungen der Pupillenweite und Akkommodationsspannung, und zwar treten diese Erscheinungen dabei doppelseitig auf (Dr. Bělicki). Die Umschneidung der Rinde hat dabei auf den Reizungseffekt keinen Einfluß, wohl aber vernichtet ihn die Unterminierung der Rinde an der angegebenen Stelle.

---

[1]) Bělicki, Über die Rindencentra der Akkommodation. Obošrěn. psihiatr. 1902.

Wir haben es hier offenbar mit einem besonderen Akkommodationscentrum zu tun, dessen Tätigkeit mit dem Sehakt auf das engste zusammenhängt.

Was den Einfluß der rechten und linken Hemisphäre auf die Akkommodation betrifft, so liegt Grund zu der Annahme vor, daß jedes Centrum überwiegend auf das kontralaterale Auge einwirkt; denn um von der homolateralen Hemisphäre aus Akkommodationsspannung zu erzielen, bedarf es stärkerer Ströme, als von der kontralateralen Hemisphäre.

In einigen Fällen bemerkt man bei der Reizung des geschilderten Rindenfeldes, namentlich seines hinteren Abschnittes, Erschlaffung der Akkommodation. Ihre Ursache ist schwer zu ermitteln.

Ein konstantes Verhältnis zwischen Akkommodationsart und Pupillenspiel ist nicht vorhanden. Es scheint daraus zu folgen, daß für Pupille und für Akkommodation eigene Centra bestehen.

Versuche an Affen zeigen ferner, wie schon früher bemerkt wurde, daß an der Innenfläche des Occipitallappens dieser Tiere nach vorn von der oberen Lippe der Fissura calcarina ein 1 cm großes Rindenfeld liegt, dessen Reizung konstant Akkommodationsspannung hervorruft. Die Umscheidung dieses Centrums stört den Reizungseffekt nicht, seine Unterminierung jedoch hebt die Wirkung auf.

Dieses mediale Occipitalfeld der Affen entspricht der Lage des hier vorhandenen wahren Sehcentrums und befindet sich vielleicht in nächster Nachbarschaft des Rindencentrums der Macula lutea, welches sowohl bei den Tieren (nach Untersuchungen meines Laboratoriums), als auch beim Menschen (Henschen[1]) den vorderen Teil der Fissura calcarina okkupiert.

Bei den Affen erhält man ferner Akkommodationsspannung durch Reizung des Gyrus angularis, von welchem aus, wie wir sahen, auch Veränderungen der Pupillenweite bewirkt werden können.

Man findet also im Bereiche der Sehsphäre Centra für die Bewegungen der Augäpfel, sowie Centra für Pupille und Akkommodation. Diese Centra treten reflektorisch in Aktion unter Einfluß der hier entstehenden optischen Bilder. Sie haben also den Wert echter Werkzeuge zur Orientierung in dem umgebenden Raum. Der Sehakt, welcher im Endresultat optische Vorstellungen ergibt, konstituiert sich freilich nicht bloß aus den Produkten der optischen Perzeptionen, sondern es gehören zu ihm auch bestimmte Muskelempfindungen, welche von den Augenbewegungen herrühren und die Richtung und den Abstand der Bilder bestimmen.

Daher haben wir im Centrum der Sehvorstellungen auch Centra für die Augenbewegungen, welche reflektorisch jedesmal zur Erregung kommen, wenn irgend ein in der Umgebung hervortretender Gegenstand den Impuls zu einer Sehperzeption abgibt. Dann geht von dem eigentlichen Sehcentrum an der Innenfläche des Occipitallappens ein Impuls zum Centrum der optischen Vorstellungen. Hier werden sogleich entsprechende Bewegungsimpulse angeregt, und das Endresultat ist dann die Erzeugung einer sog. Sehvorstellung als Produkt des psychischen Vorganges, welchen wir Sehen nennen.

---

[1]) Henschen, Sur les centres optiques cérébraux. Rev. gén. de l'ophthalm. 1894, Bd. 13. Sur le centre cortical de la vision. Congr. intern. de la méd. 1900.

g) Weitere motorische Erscheinungen, welche von der Sehsphäre ausgelöst werden.

Von der Sehsphäre aus können mittels elektrischer Reizung derselben Drehbewegungen des Kopfes, ferner allgemeine Bewegungserscheinungen und selbst epileptische Anfälle hervorgerufen werden. Ein so erzeugter epileptischer Anfall kommt übrigens sofort zum Stillstand, wenn man die ganze Region des Gyrus sigmoidens bezw. die sog. motorische Zone der Gehirnrinde abträgt. Daraus folgt, daß es sich bei der Entstehung dieser Anfälle um Reizübertragung auf die motorische Zone handeln muß. Eine ebensolche Genese haben unzweifelhaft, d. h. beruhen gleichfalls auf Reizübertragung von der Sehsphäre auf die motorische Zone der Gehirnrinde viele motorische Erscheinungen unter normalen Verhältnissen. Die anscheinend rein reflektorische Erscheinung des Lidschlusses bei Annäherung eines Gegenstandes, vollzieht sich unter Beteiligung der von der Sehsphäre zur motorischen Zone verlaufenden Verbindungsbahnen; denn die Abtragung der motorischen Zone führt ebenso zum Aufhören dieses Reflexes, wie die Abtragung der Sehsphäre selbst.

Immerhin sind noch nach erfolgter Abtragung der gesamten motorischen Zone durch Reizung der hinteren Abschnitte der Hemisphärenrinde allgemeine tetanusartige Krampfbewegungen auslösbar, welche erst dann aufhören, wenn man die Gehirnrinde in großer Ausdehnung unterminiert. Es muß sich also offenbar um selbständige motorische Impulse reflektorischer Art handeln, welche den subkortikalen Centren höchstwahrscheinlich auf dem Wege der occipitalen Brückenbahn übermittelt werden.

Damit steht in Übereinstimmung eine Beobachtung Hitzig's[1]), aus welcher hervorgeht, daß gelegentlich durch Läsionen der Sehsphäre motorische Ausfallserscheinungen bezw. Defekte der Willensenergie erzeugt werden.

Hitzig[2]) fand diese Beobachtung auch anderweitig bestätigt. Es handelt sich aber nicht, wie er bemerkt, um eine konstante Folgeerscheinung von Läsionen der hinteren Rindenpartien; den Grund ihres gelegentlichen Auftretens vermag er nicht zu erklären.

Hierher gehört vielleicht auch eine Beobachtung Nothnagel's: er sah Kaninchen rapid vorwärts laufen, als Reizerscheinung nach einem Stich in die Occipitalregion der Hemisphäre.

Manche Autoren zweifeln jedoch an der Reinheit dieser Beobachtung, in der Meinung, es könnte hier auch eine Läsion tieferer Gehirnteile vorausgesetzt werden.

Immerhin ist nicht zu bezweifeln, daß optische, wie auch akustische Eindrücke direkt auf die subkortikalen Lokomotionscentra Einfluß üben können. Für einen direkten Einfluß der Sehsphäre auf die Motilität liegen ja strikte Beweise vor. Wenn man beim Hunde beide motorische Rindenfelder, wie dies in meinen Versuchen mehrfach geschah, total

---

[1]) Hitzig, Alte und neue Untersuchungen über das Gehirn. Arch. f. Psych. 1901, Bd. 34.

[2]) Hitzig, Physiologische und klinische Untersuchungen über das Gehirn. Berlin 1904.

abträgt, dann erholt sich das Tier nach einiger Zeit so weit, daß es frei sich bewegen kann. Das Tier bedient sich dabei in seinen Bewegungen bis zu einem gewissen Grade auch der Seheindrücke, umgeht Hindernisse usw., was offenbar nur möglich ist, falls Impulse von der Sehsphäre unmittelbar der motorischen Zone zufließen.

7. Die Bedeutung der motorischen Zone für den Sehakt.

Optische Vorstellungen sind in vielen Fällen unzulänglich, wenn nicht willkürliche Impulse in den Sehakt eingreifen. Um von einem Gegenstand eine deutliche Vorstellung zu erhalten, ist es oft nicht genug, daß man den Gegenstand sieht; man muß ihn betrachten, und dies geschieht unter willkürlicher Richtung und Verlagerung der Augenachsen und willkürlicher Akkommodation der Augen. Es müssen also mit dem Centrum der optischen Vorstellungen die Centra der Willkürbewegungen des Auges in direkten Beziehungen stehen, denn nur mittels dieser Centra wird das zur Bildung optischer Vorstellungen wichtige Betrachten der Gegenstände der Außenwelt überhaupt ermöglicht.

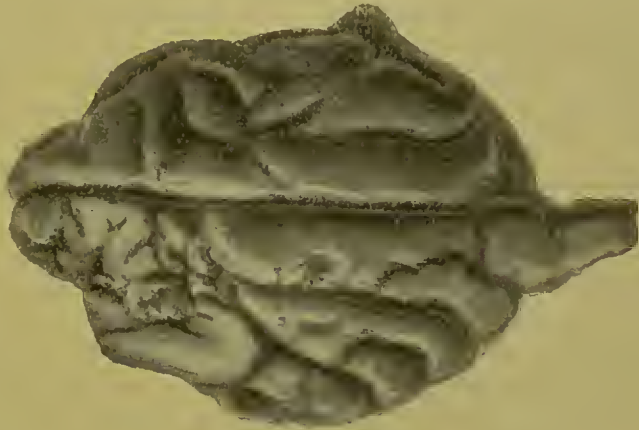


Fig. 429.
Exstirpation einer Rindenschicht von 2—3 mm im Bereiche des vorderen Schenkels des Gyrus sigmoideus. Nach 2—3 Tagen deutliche Parese der rechtsseitigen Extremitäten mit Herabsetzung der Sensibilität daselbst, sowie im rechten Auge. Mit dem linken Auge verfolgt der Hund die Gegenstände, namentlich in der Nähe, nicht korrekt. Allgemeine Amblyopie des rechten Auges. Die Pupille reagiert auf Licht, aber die Akkommodation ist träg. Die Sehstörungen, sowie die Veränderungen der Sensibilität verschwinden nach einigen Tagen; es restituiert sich zuerst das Sehvermögen links, dann rechts. Am 7. Tage wurde, nachdem der Hund sich erholt hatte, ein Teil des hinteren Schenkels des linken Gyrus sigmoideus abgetragen. Es erneuerten sich dieselben Symptome, darunter auch die Sehstörungen; sie bestanden ungefähr eine Woche; dann traten sie allmählich zurück.

Die Rindencentra der „willkürlichen“ Augenbewegungen finden sich bekanntlich bei den Affen und beim Menschen im hinteren Abschnitt des Stirnlappens, beim Hunde im Bereich des Gyrus sigmoideus. Untersuchungsbefunde meines Laboratoriums haben dargetan, daß im Gyrus sigmoideus des Hundes auch Centra der Akkommodation vorhanden sind (s. oben). Berücksichtigt man die Bedeutung der Augenbewegungen für die Einstellung der Augäpfel und besonders auch die Bedeutung der Akkommodation für das deutliche Sehen, dann wird der Wert des Gyrus sigmoideus für das Sehen ohne weiteres verständlich.

Sehstörungen bei Läsionen der motorischen Zone können beruhen auf Ausfall motorischer Impulse und unzureichende Bildung ent-

sprechender Sehvorstellungen, welche eine Assoziation von motorischen Empfindungen mit optischen Empfindungen zur Voraussetzung haben.

Wenn wir daher beim Hunde die Rinde des Gyrus sigmoideus entfernen (Fig. 429), dann gelangen analoge Erscheinungen zur Beobachtung, wie im Falle der Abtragung der Außenfläche des Occipitallappens.

Ich konnte durch den Tierversuch feststellen[1]), daß die Abtragung der Rinde des Gyrus sigmoideus beider Hemisphären zu Erscheinungen allgemeiner Herabsetzung des Sehvermögens beider Augen führt. Die Tiere zeigen in diesem Fall eine deutliche Sehstörung, welche sich darin äußert, daß sie sich der Seheindrücke nicht in richtiger Weise bedienen und die Entfernungen der Gegenstände unrichtig einschätzen. Ein von mir operiertes Tier, welches Hindernisse prompt umging, stieg über das Balkongitter, ohne dieses zu bemerken und stürzte von zwei Faden Höhe. Schon die Ablösung der Pia über der motorischen Zone bewirkt, wie Dr. Agadžanjanz in meinem Laboratorium gezeigt hat, eine flüchtige Amblyopie des kontralateralen Auges und motorische Erscheinungen, eine Folge der durch Gefäßzerreißung bedingten Ernährungsstörung der betreffenden Rindenpartien.

Nach den Untersuchungen von Dr. Agadžanjanz jedoch führt die Abtragung der motorischen Zone der Gehirnrinde zu diffusen Sehstörungen des kontralateralen Auges. Dies hängt wohl mit einer Störung der Muskelsensibilität der Augenmuskeln und einer Alteration der willkürlichen Akkommodation der Augen zusammen. Bei Läsionen des Gyrus sigmoideus zeigen die operierten Hunde schwere Störungen des Nahesehens; in die Ferne sehen solche Tiere wesentlich besser.

Hitzig bemerkte bei unilateraler Zerstörung der motorischen Zone sogar analoge Erscheinungen von Hemianopsie, wie sie bei Läsionen der Munk'schen A'-sphäre im Occipitalteil der Gehirnrinde aufzutreten pflegen. In meinen Fällen bestand eine schnell vorübergehende Hemianopsie neben allgemeiner Amblyopie des kontralateralen Auges. Falls diese Beobachtung als richtig bestätigt würde, dann wäre sie so zu erklären, daß jedes Sehcentrum in der Occipitalrinde mit den motorischen Centren der Augapfelbewegungen und Akkommodation in der entsprechenden Hemisphäre verbunden ist. Das Auge kann sich daher Bildern, welche auf die homonyme Seite beider Netzhäute fallen, nicht anpassen. Darauf beruhen die Erscheinungen der homonymen Hemianopsie bei unilateraler Abtragung des Gyrus sigmoideus. Im Falle zweiseitiger Exstirpation dieses Gyrus erhält man, wie zu erwarten, Störungen mit den Charakteren der bilateralen Amblyopie.

Von meinem Standpunkte aus sind auch ohne weiteres erklärbar die Beziehungen zwischen occipitaler Sehsphäre und dem Gyrus sigmoideus, welche durch Hitzig's Untersuchungen ermittelt wurden. Wie wir sahen, fand Hitzig, daß die Abtragung des Gyrus sigmoideus, wenn die durch Entfernung der Sehsphäre A' bewirkten Sehstörungen nachgelassen oder verschwunden sind, eine Steigerung der durch den ersten Eingriff hervorgerufenen Störungen nicht erzeugt.

Wenn man sich erinnert, daß die Sehstörungen im Falle der Ab-

[1]) W. Bechterew, Physiologie der motorischen Zone der Gehirnrinde. 1886–1887.

tragung des Gyrus sigmoideus auf einer Alteration der motorischen Impulse beruht, welche ursprünglich von Sehabdrücken, die im Occipitalgebiet abgelagert werden, herrühren, so wird es verständlich, daß die Abtragung des Gyrus sigmoideus nach vorhergehender Zerstörung der Sphäre A′ eine neue Steigerung der Sehstörung nicht nach sich zieht. Eine solche Steigerung ist selbst in dem Fall nicht vorhanden, wenn die Sehstörungen bereits abgenommen oder ganz verschwunden sind; denn eine Abnahme der Sehstörungen wird offenbar nur dadurch möglich, daß entweder entsprechende Teile der anderen Hemisphäre oder unversehrt gebliebene seitliche Teile des occipitalen Sehfeldes eingreifen, Teile also, welche nicht mit den Centren des Gyrus sigmoideus in Verbindung stehen und somit bei der Aufbesserung des Sehvermögens sich reflektorischer Bulbus- und Akkommodationsbewegungen bedienen, die ihre Impulse ebenfalls aus den erhaltenen Teilen des occipitalen Feldes beziehen. Umgekehrt führt die voraufgehende Abtragung des Gyrus sigmoideus und die konsekutive Wiederherstellung des Sehvermögens nach Hitzig's Versuchen zu dem Resultat, daß Läsionen der Sphäre A′ nunmehr entweder gar keine Sehstörungen oder nur vorübergehende Amblyopie nach sich ziehen. Wenn diese Beobachtung sich als richtig bestätigte, dann müßte angenommen werden, daß die Ausschaltung des am Sehen beteiligten willkürlich-motorischen Systems so wichtig für die Sehfunktion ist, daß mit der Ausschaltung der hinzugehörigen Bewegungscentra auch das mit ihnen verbundene Sehfeld A′ inaktiv wird, und funktionell durch andere Rindengebiete vertreten werden muß, zunächst durch benachbarte Teile der Rinde der gleichen Hemisphäre, welche nun in neue Beziehungen zu den Augenbewegungs- und Akkommodationscentren treten.

Man kann also diese eigentümlichen Beziehungen zwischen den im Dienste des Sehaktes stehenden Rindengebieten sehr wohl verstehen ohne zu Hitzig's Hypothese einer Hemmung der subkortikalen Seh- und Bewegungscentren Zuflucht zu nehmen.

Auch der Zustand des Lidschlußreflexes bei Läsionen des Gyrus sigmoideus und der Sehsphäre A′ findet vom obigen Standpunkt aus eine ungezwungene Erklärung. Dieser Reflex ist offenbar kortikaler, nicht subkortikaler Herkunft. Wie es scheint, entsteht er durch direkte Reizübertragung vom kortikalen Sehperzeptionscentrum an der Innenfläche des Occipitallappens zum motorischen Lidcentrum im Gyrus sigmoideus.

Was die Beziehungen des an der Außenfläche der Gehirnrinde befindlichen Sehvorstellungscentrums zu diesem Reflex betrifft, so übt dieses Centrum wohl eine hemmende Wirkung auf den Reflex aus. Wenigstens tritt der Lidreflex, wie bekannt, mit besonderer Lebhaftigkeit auf bei irgend einer unerwarteten Sehperzeption, noch ehe es zur Bildung einer Sehvorstellung gekommen ist. Dagegen wirkt die Vorstellung eines zu erwartenden Seheindruckes gewöhnlich hemmend auf den Lidreflex. Es ist daher natürlich, daß die Abtragung des Gyrus sigmoideus ein anhaltendes Verschwinden des Lidschlußreflexes zur Folge hat, welcher auch nach wiedergekehrtem Sehvermögen noch einige Zeit ausbleibt. Dagegen bewirkt die Abtragung der Sehsphäre A′ anfänglich gar keine Veränderungen des Lidschlußreflexes, dessen Bahn, wie wir sahen, direkt vom kortikalen Sehperzeptionscentrum zur Rinde des Gyrus sigmoideus verläuft; mit der Zeit jedoch, sei es in-

folge der Hemmungswirkung der Rinde während der Periode ihrer Heilung, sei es infolge eintretender Degeneration der Assoziationsfasern, kommt es zu einer mehr oder weniger anhaltenden Hemmung des Reflexes.

Der Lidschlußreflex ist beim Hunde unter normalen Verhältnissen nicht konstant. Nach einer von Baensel versuchten Erklärung soll dies darauf beruhen, daß das Gehirn hemmend auf die Ausbildung dieser Reflexe wirkt, ein Satz, der mit obigen Darlegungen vollauf übereinstimmt.

8. Pathologische Beobachtungen. Die Lokalisation des Sehcentrums.

Ich wende mich nun zur Frage über das Verhalten der kortikalen Sehcentra bei den Menschen.

Es liegen gegenwärtig bereits zahlreiche Beobachtungen, welche bezüglich der Lokalisation des Sehcentrums in der Hemisphärenrinde des Menschen Bedeutung gewonnen haben. Aus dem ganzen Beobachtungsmaterial, welches zuerst von Willbrand[1]) und sodann von Nothnagel[2]) zusammengestellt wurde, geht unzweifelhaft hervor, daß beim Menschen jeder Occipitallappen mit den korrespondierenden Hälften beider Netzhäute im Zusammenhang steht. Man kann ferner aus diesem Material, sowie aus den späteren klinischen Erfahrungen den Schluß ableiten, daß beim Menschen der mediale Teil des Hinterhauptlappens als Sehcentrum funktioniert.

Schon Nothnagel hat 1879 auf Grund einer Reihe klinischer Beobachtungen das Sehcentrum im Hinterhauptlappen lokalisiert.

Zu der gleichen Ansicht gelangten auf Grund klinischer Befunde Mauthner, Allen Starr, Willbrand, Philipsen.

Man war ursprünglich der Meinung, daß das Sehcentrum des Menschen an der Innenfläche des Occipitallappens sich findet, im Lobulus extremus und in den angrenzenden Teilen der Konvexität (Philipsen); daß ferner Hemianopsien beim Menschen bedingt werden durch Erkrankungen der Spitze des Hinterhauptlappens oder des Lobulus extremus (Willbrand und Déjérine) oder durch Erkrankung des Cuneus und der ersten Occipitalwindung (Nothnagel) oder des Cuneus allein (Seguin). Hun gelangte sogar zu einer noch detaillierteren Lokalisation; der obere Teil der Netzhaut sollte zum unteren Teil des Cuneus, der untere Teil der Netzhaut zum Lobus lingualis in Beziehungen stehen. Nach der Meinung Vialet's okkupiert das kortikale Sehcentrum die gesamte Innenfläche des Occipitallappens: es wird nach vorn durch die Fissura parieto-occipitalis, nach unten durch den Unterrand der dritten Occipitalwindung, nach hinten durch den Occipitalpol begrenzt. Am besten ermittelt ist die vordere Grenze des Sehcentrums.

Am eingehendsten begründet wurde die Lehre von dem kortikalen Sehcentrum und von den Opticusbahnen des Menschen nach der klinischen Seite hin von Henschen, welcher diesem Gegenstande umfassende Untersuchungen gewidmet hat.[3])

---

[1]) Willbrand, Über Hemianopsie.
[2]) Nothnagel, Vortrag auf d. Kongreß zu Wiesbaden.
[3]) Henschen, Pathologie des Gehirns 1892. Revue critique etc. Paris 1900.

Gestützt auf eine lange Reihe klinischer Befunde verlegt er das Sehcentrum beim Menschen in die Gegend des Fissura calcarina des Occipitallappens.

Dieses allgemeine Ergebnis von Henschen's Untersuchungen steht in voller Übereinstimmung mit den Resultaten der Atrophiemethode (Monakow, Leonowa), sowie mit den nach der Entwicklungsmethode ausgeführten anatomischen Untersuchungen.

Letztere liefern den sicheren Nachweis, daß die sog. optischen Bahnen, welche sich viel früher entwickeln, als die übrigen Faserzüge des Occipitallappens, sich in der nächsten Nachbarschaft der Fissura calcarina verbreiten, und zwar gerade in dem Teil der Rinde des Occipitallappens, in welchem isolierte große Rindenzellen auftreten.

Ferner hat die Untersuchung mehrerer Fälle von Anophthalmie (Leonowa) gezeigt, daß bei diesen Zuständen die großen Zellen der vierten Schicht (3. Schicht nach Meynert), welche sich in der Gegend der Fissura calcarina finden, zum Schwunde kommen.

Es unterliegt demnach keinem Zweifel, daß im Bereiche dieser Furche das Centrum der Sehperzeption beim Menschen seine Lage haben muß.

Gallemaerts[1]) gelangte auf Grund der Untersuchung der Gehirnrinde in fünf Fällen von einseitiger Enukleation oder Atrophie des Augapfels zu folgenden Sätzen.

Nach Atrophie oder Enukleation des Augapfels äußert sich die partielle Kreuzung der Sehnervenfasern in der bestehenden Zellatrophie beider Hinterhauptlappen. Kontralateral ist diese Zellatrophie lebhafter ausgesprochen. Die Atrophie konzentriert sich besonders in der Gegend der Fissura calcarina, im Lobulus lignalis und im Cuneus, wo sie eine je nach der Individualität verschiedene Ausdehnung zeigt. Sämtliche Schichten der Sehsphäre werden im Laufe der Zeit von Atrophie betroffen. Der Gennari'sche Streif gehört dabei ausschließlich der Sehsphäre an.

Die Sehsphäre lokalisiert sich im Gebiete der Fissura calcarina, im Lobulus ligualis und im Cuneus. Sie umfaßt weder den Gyrus descendens, noch den Lobulus fusiformis, noch auch den Gyrus angularis.

Zum Beweise dessen, daß das Sehcentrum an der Innenfläche des Hinterhauptlappens seine Lage hat, müssen alle Fälle ausgeschlossen werden, in welchem mit der Rinde auch das Markweiß des Hinterhauptlappens samt den Opticusbahnen affiziert sind; es kommen in diesem Sinne nur die Fälle in Betracht, wo die Affektion auf Rinde und subkortikale Schichten sich beschränkte. Solcher Fälle hat Henschen 30 gesammelt. In allen diesen Fällen wurde Hemianopsie beobachtet. Es folgt daraus, daß das Sehcentrum beim Menschen an der inneren Oberfläche des Hinterhauptlappens gelegen sein muß.

Es sind Fälle von Hemianopsie mit Affektion des neutralen Teiles des Occipitallappens (Gyrus lingualis und Gyrus fusiformis) zwar bekannt wo aber nur die Rinde lädiert war; in solchen Fällen fanden sich, wie die genauere Analyse zeigt, nie Erscheinungen von Hemi-

[1]) Gallemaerts, Les centres corticaux de la vision. Bull. de l'Acad. de Belgique. Avril 1902.

anopsie. Daraus folgt, daß letztere in diesen Fällen bedingt war nicht durch Erkrankung der Gehirnrinde, sondern der Opticusbahnen.

Unter Benutzung einiger in der Literatur mitgeteilter Fälle, namentlich der von Reinhard[1]) und Nordenson-Henschen, kommt Gallemaerts dann zu dem Schluß, daß speziell Affektionen der Rinde im Bereiche der Fissura calcarina Hemianopsie erzeugen und daß somit das Sehfeld in dieser Furche lokalisiert sein muß.

Er bemerkt dabei, daß es ihm nicht gelang, in der Literatur einen Fall aufzufinden, wo Affektionen der Rinde der Fissura calcarina oder der Opticusbahnen ohne Hemianopsieerscheinungen bestanden hätten.

Im Falle einer Affektion der Rinde des Occipitallappens des Menschen leidet das centrale Sehen am wenigsten. Diese große Widerstandsfähigkeit des centralen Sehens muß mit der partiellen Kreuzung des Maculabündels im Zusammenhang stehen.

Das erwähnte Rindenfeld, welches beim Menschen als Sehcentrum funktioniert, dient, wie aus pathologischen Beobachtungen am Menschen hervorgeht, speziell zur Perzeption optischer Empfindungen. Denn seine Zerstörung führt in den betreffenden Krankheitsfällen zur Ausbildung echter Hemianopsie und zwar von ganz derselben Art, wie die Hemianopsien, welche man nach Beschädigungen des äußeren Kniehöckers oder des Tractus opticus findet. Auch die Ausdehnung des verdunkelten Teiles des Gesichtsfeldes ist in diesen Fällen gleich groß, woraus folgt, daß eine nachträgliche Kreuzung von Opticusfasern irgendwo jenseits des Chiasma, wie dies einige Forscher annahmen (Charcot), in Wirklichkeit nicht vorkommt.

Hemianopsien infolge einseitiger Affektion des Tractus opticus und Hemianopsien nach Affektionen der Rinde des Occipitallappens unterscheiden sich nur dadurch von einander, daß im ersten Fall, wie Willbrand und Wernicke zuerst gezeigt haben, gleichzeitig auch sog. hemiopische Pupillenreaktion besteht, was bei Hemianopsie der zweiten Art nicht beobachtet wird.

Dieser Unterschied beruht aber ganz und gar auf dem Gehalt von Pupillenfasern innerhalb des Tractus opticus.

Wenn nun beim Menschen beide Hinterhauptlappen destruktiv affiziert sind, dann tritt totale oder absolute Blindheit ein, wie dies aus einigen in der Literatur mitgeteilten Fällen hervorgeht. Ich hatte selbst Gelegenheit, drei Fälle mit totaler Zerstörung beider Hinterhauptlappen zu beobachten. In einem dieser Fälle handelt es sich um eine (im russisch-türkischen Krieg erhaltene) Schußverletzung genau im Hinterkopf; die Kugel hatte beide Hinterhauptlappen zerstört. In den beiden anderen Fällen war die Destruktion des Occipitallappens Folge einer durch Gefäßthrombose bedingten Hirngewebserweichung. In allen diesen Fällen bestand totale, dauernde Amaurose beider Augen; erhalten war nur die quantitative Lichtperzeption, d. h. es konnte nur hell von dunkel unterschieden werden.

Es muß also beim Menschen ebenso wie bei den höheren Säugetieren eine Beteiligung der subkortikalen Centra an der quantitativen Lichtperzeption angenommen werden. Die qualitative Lichtperzeption,

[1]) Reinhard, Arch. f. Psych. Bd. 17, S. 173.

also die Perzeption optischer Eindrücke vollzieht sich beim Menschen und bei den höheren Säugetieren in der Rinde des Occipitallappens.

Der Vollständigkeit wegen soll hier erwähnt werden, daß zweiseitige Affektionen des Occipitalhirns, die zu totaler Amaurose führen, sich von der durch Affektion beider Tractus optici des ganzen Chiasma oder beider Sehnerven erzeugten Blindheit dadurch unterscheiden, daß im ersten Fall weder ein vollständiges Erlöschen, noch eine Herabsetzung der Pupillenreaktion eintritt, wie dies in den Fällen der zweiten Art die Regel ist.

Einige Forscher (Willbrand, Sachs) beantragen auf Grund klinischer Erfahrung eine Zerlegung des kortikalen Sehcentrums in drei Hauptbestandteile:

1. Centrum für Farbensehen,
2. Centrum des Raumgefühls,
3. Centrum der Lichtempfindung.

Diese Zergliederung des Sehcentrums gründet sich auf die Tatsache, daß außer kortikalen Affektionen mit totaler halbseitiger Blindheit, wobei die Kranken mit den korrespondierenden Netzhauthälften nichts sehen, auch Fälle von halbseitiger Farbenblindheit vorkommen, wobei die korrespondierenden Netzhauthälften die Gegenstände wohl sehen und unterscheiden, aber keine Farben wahrnehmen. Endlich gibt es Fälle kortikaler Affektionen, in welchen nur quantitative Lichtperzeption besteht, Farben aber nicht unterschieden werden und äußere Perzeptionen im Raume fehlen. Willbrand[1]) nimmt an, daß das Centrum der Lichtperzeption am Gipfel des Occipitallappens jeder Seite, das Farbencentrum der Fissura parieto-occipitalis, das Raumcentrum zwischen diesen beiden seine Lage haben muß. Vialet ist dagegen der Meinung, daß bei teilweisem Schwund der Rindenelemente das Farbensehen als feinere Funktion früher und lebhafter in Mitleidenschaft gezogen wird.

Mir scheint jedoch, daß die Lokalisation spezieller Raum- und Farbencentra in der Rinde noch auf recht schwachen Füßen steht und daß über diesen Gegenstand noch Bedenken mancherlei Art auftauchen können, auf welche ich später noch zurückkomme.

9. Topographie des Sehcentrums an der Innenfläche des Occipitallappens.

Durch die Arbeiten von Henschen[2]) ist ein ernster Versuch einer detaillierten Topographie des Sehcentrums an der Innenfläche des Occipitallappens begründet worden.

Henschen gelangte auf Grund einer Reihe anatomisch-klinischer Untersuchungen zu dem Satz, daß das für das Sehen wichtigste Maculagebiet der Rinde an der inneren Oberfläche des Occipitallappens zu suchen ist. Zum Beweise dafür beruft er sich unter anderem auf den von Anton mitgeteilten Fall eines Tumors beider Scheitellappen, wo das Sehen immerhin bis zu einem gewissen Grad erhalten war.

---

[1]) Willbrand, Ophthalmiatrische Beiträge zur Diagnostik der Gehirnkrankheiten.

[2]) Henschen, Pathologie des Gehirns und Revue critique. Paris 1900.

Andererseits geht aus der Analyse der Fälle, in welchen beide Occipitallappen zerstört waren, nach Henschen's Ansicht hervor, daß keiner dieser Fälle der Annahme widerspricht, daß das Maculacentrum in der Rinde des Occipitallappens gelegen ist. Einzelne Beobachtungen (Förster, Laquer, Henschen) deuten darauf hin, daß dieses Centrum im Gebiete der Fissura calcarina sich findet.

Die Frage, welche Teile der Fissura calcarina speziell das Maculacentrum aufnehmen, sucht Henschen[1]) auf folgende Weise zu entscheiden: Die bisher bekannt gewordenen Beobachtungen sind einer Lokalisation des Maculaterritoriums am hinteren Ende der Fissura calcarina nicht günstig. Sie unterstützen aber die Annahme, daß dort sich das Rindenfeld für das periphere Sehen befindet, ja daß ein kleiner Teil des äußeren Abschnittes der Fissur der peripheren Sehsphäre angehört.

Laquer[2]) dagegen macht auf Grund klinisch-anatomischer Untersuchungen den Versuch, das kortikale Maculafeld am hintersten Teil der Fissura calcarina zu verlegen.

Henschen hat gegen Laquer's Befunde Einwendungen erhoben und die Unvollständigkeit der anatomischen Bearbeitung seines Falles betont. Laquer hob dem gegenüber hervor, daß auch in dem Fall von Küstermann, wo bei scheinbarer totaler Blindheit das hintere Ende der Fissura calcarina sich als unversehrt erwies, Schwachsinn bestand und die Befunderhebung erschwerte. Er beruft sich ferner zur Unterstützung seiner Ansicht auf einen von Christiansen mitgeteilten Fall, in welchem zu Lebzeiten volle Unversehrtheit des Sehvermögens vorhanden war, während man bei der Sektion die Gegend um das vordere Ende der Fissura calcarina destruiert fand. Zu bemerken ist übrigens, daß Christiansen's Patientin[3]), die eine Schußverletzung am Kopf hatte, nachher aphasisch wurde und total erblindete. Erst mit der Zeit besserte sich ihr Sehvermögen, aber nur bis zur Stufe der Hemianopsie.

Er bestreitet auch die Richtigkeit der Auffassung von Bernheimer und Monakow, welcher zufolge die Macula lutea überhaupt keine insuläre Lokalisation in der Gehirnrinde haben soll.

Im Hinblick auf einen von Forster mitgeteilten Fall äußert sich Sachs ebenfalls für eine kortikale Vertretung des gelben Netzhautfleckes am hinteren Ende der Fissura calcarina.

Henschen[4]) dagegen erwähnt bei einem späteren Zurückgreifen auf diese Frage eine Beobachtung von Molin, welcher zu Gunsten seiner Auffassungen sprechen soll. Bei einer Analyse der hierhergehörigen geeigneten Fälle gelangt Henschen sogar zu dem Satz, daß die Maculagegend im Gebiete des Zwickelstieles gelegen sei, während andere Befunde, so z. B. der Fall Küstermann's, für eine Lokalisation des peripheren Sehens am hinteren Teil der Fissura calcarina sprechen.

Nach den Angaben von Nissl v. Meyendorf[5]) endigt das Maculabündel im hintersten Abschnitt des Gyrus fusiformis und im Basalteil

---

[1]) Henschen, Pathologie des Gehirns, Bd. 2, S. 341.
[2]) Laquer, Noch einmal die Lage des Centrums der Macula lutea im menschlichen Gehirn. Virchows Archiv 1902, Bd. 175, H. 3.
[3]) Christiansen, Ein Fall von Schußläsion durch die centralen optischen Bahnen. Wien. Med. Blätter 1902, Nr. 13.
[4]) Henschen, Pathologie des Gehirns, Bd. III, Observ. I.
[5]) Nissl v. Meyendorf, Monatsschr. f. Psych. Bd. 17, Heft 2.

der dritten Occipitalwindung. An der angegebenen Stelle der linken Hemisphäre soll das anatomische Substrat für optische Wort- und Buchstabenerinnerungsbilder zu suchen sein.

Quensel[1]) äußert sich gegen die Annahme einer isolierten Leitung des centralen Sehens in der Opticusbahn, sowie gegen die kortikale Lokalisation des Maculabündels.

Das Unversehrtbleiben der Makulagegend bei der kortikalen Hemianopsie wird von den verschiedenen Autoren in abweichender Weise zu erklären versucht.

Willbrand vertritt die Hypothese einer bilateralen Innervation der Maculagegend, während Forster der Meinung ist, daß das Maculafeld der Gehirnrinde vermöge der vielen Gefäßanastomosen verschiedenen Ursprungs, unter besonders guten Ernährungsbedingungen steht und daher von Affektionen häufig verschont bleibt.

Henschen, der sich Willbrand's Hypothese anschließt, nimmt ebenfalls an, daß in Fällen, wo bei Hemianopsie das centrale Sehen unversehrt bleibe, es sich um eine doppelseitige Innervation der Macularinde handle, welche er an den hinteren Abschnitt der Fissura calcarina bezw. in den Zwickelstiel verlegt.

Was die übrigen Regionen der Netzhaut betrifft, so besteht die optische Projektion in der Rinde der Fissura calcarina darin, daß die obere Lippe dieser Furche der oberen (dorsalen) Hälfte der Netzhaut, die untere Furchenlippe der ventralen oder unteren Netzhauthälfte entspricht. Dieses Lageverhältnis gelte sowohl für die peripheren Abschnitte der Netzhaut, als auch für die Maculagegend.

In dieser Beziehung ist auch ein von Beevor[2]) mitgeteilter Fall bemerkenswert.

Übrigens bezweifeln einige Forscher (Monakow, Sachs, Bernheimer) neuerdings das Bestehen einer kortikalen Projektion der Netzhaut, in der Voraussetzung, daß infolge der Unterbrechung der Opticusbahnen im Corpus geniculatum laterale eine isolierte Übertragung der optischen Impulse von der Netzhaut zur Gehirnrinde nicht stattfinden könne. Auch Laquer schließt sich der Meinung derjenigen an, welche die Annahme einer insulären Vertretung des gelben Netzhautfleckes in der Gehirnrinde als mit den klinischen Erfahrungen unvereinbar betrachten.

Dieses ablehnende Verhalten bekämpft Henschen mit Recht. Er hält, gestützt auf eine ganze Reihe einschlägiger Beobachtungen an der hergebrachten Annahme einer kortikalen Projektion der Netzhaut fest.

Im Hinblick auf mehrere Einzelbeobachtungen weist er ferner darauf hin, daß die Beschädigung der dorsalen Abschnitte der Region der Fissura calcarina, wie auch des hinteren Teils der subkortikalen Opticusbahnen zur Ausbildung von unterer Quadrantenhemianopsie führt, während Affektionen der ventralen Teile des Gebietes der Fissura calcarina, wie auch der ventralen Teile der subkortikalen Opticusbahnen zum Auftreten von oberer Quadrantenhemianopsie Anlaß geben.

Henschen bekämpft ferner unter Berufung auf klinische Befunde Munk's Meinung, wonach das Sehfeld der Gehirnrinde aus zwei Teilen

---

[1]) Quensel, ibid. Bd. 20, Heft 1—4.
[2]) Beevor, Brain 1904, Part. II, S. 153.

bestehen soll: einem mehr nach außen gelegenen für die direkten Fasern und einem mehr innen gelegenen Teil für die kreuzenden Sehnervenfasern.

Er weist mit Recht darauf hin, daß wenn diese Auffassung für den Menschen zuträfe, dann unilaterale Hemianopsien kortikalen Ursprungs häufiger zu beobachten sein müßten.

Die Literatur dagegen kennt unter einer sehr großen Zahl kortikaler Affektionen nur zwei Fälle von monokularer Hemianopsie, wobei zudem eine genauere Darlegung des Sektionsbefundes nicht vorliegt, weshalb diese Fälle keine entscheidende Bedeutung haben können. Zumal angesichts der enormen Zahl von Beobachtungen über die Ausbildung lateraler homonymer Hemianopsie bei analogen Gehirnaffektionen.

Gegen Munk's Auffassung sprechen auch die Ergebnisse von Willbrand's perimetrischen Untersuchungen, welche das Bestehen homonymer bilateraler Skotome augenscheinlich kortikalen Ursprungs anzeigen.

Indirekt erwähnt wurde vorhin bereits die höchst wichtige Frage, ob in der Rinde für die optischen Perzeptionen zwei Felder — ein Farben- und ein Lichtfeld — bestehen oder ob nur ein einziges kortikales Sehfeld anzunehmen ist.

Im letzteren Falle wäre natürlich vorauszusetzen, daß entweder eine und dieselbe Zellschicht beide Arten der Perzeption vollbringt oder daß mehrere Schichten dieser Aufgabe dienen.

Die Frage nach dem Bestehen zweier Perzeptionsfelder für Licht- und Farbeneindrücke entsteht naturgemäß angesichts der klinischen Fälle, wo Erscheinungen von Farbenblindheit oder Farbenhemianopsie ohne Erscheinungen gewöhnlicher Blindheit bezw. Hemianopsie vorhanden sind.

Einige durch Verrey und Mockey bekannt gewordene Fälle von Hemiachromatopsie erwecken den Verdacht, ob nicht ein besonderes Centrum der Farbenperzeption im Gyrus fusiformis lokalisiert ist.

Indessen ist zu bemerken, daß andere Erfahrungen mit dieser Annahme nicht übereinstimmen. Denn es gibt Fälle, in welchen der Gyrus fusiformis zerstört, die Fissura calcarina dagegen erhalten war und doch Farbenhemianopsie nicht bestand.

Diese Befunde weisen wohl darauf hin, daß die Region der Fissura calcarina zugleich auch als Centrum der Farbenperzeption funktioniert. Zu diesem Satz gelangt gerade Henschen auf Grund aller in dieser Beziehung vorliegenden klinischen Beobachtungen. Ich meinerseits kann mich dieser Auffassung nur anschließen.

10. Die Beziehungen der Konvexität der Occipitalregion zum Sehen beim Menschen.

Henschen bestreitet zwar die Existenz von Beziehungen der occipitalen Konvexität zum Sehen, allein zu Gunsten der Annahme solcher Beziehungen kann mit Bestimmtheit eine ganze Reihe von Tatsachen angeführt werden.

Es liegen Beobachtungen vor, wo Affektionen der Außenfläche des Hinterhauptlappens, ja in Ausnahmefällen Affektionen des unteren

Scheitelläppchens beim Menschen von Hemianopsieerscheinungen und anderen Sehstörungen begleitet waren.

Manche Autoren führten dies darauf zurück, daß in solchen Fällen die GRATIOLET'schen Opticusbahnen ergriffen sind. Andere denken an das Bestehen eines speziellen Sehcentrums an der Außenfläche des Hinterhauptlappens und im Gyrus angularis. REINHARD und MONAKOW gehören zu den Autoren, welche sich für die Lokalisation eines Sehcentrums an der konvexen Oberfläche des Hinterhauptlappens ausgesprochen haben.

Auch andere Forscher vertreten auf Grund klinischer Beobachtungen, welche auf das Bestehen eines Sehcentrums an der inneren Occipitallappenfläche hinweisen, die Meinung, daß in der Rinde der Außenfläche des Occipitallappens ebenfalls ein Sehcentrum zu lokalisieren sei.

Unter den Klinikern unterscheidet GOWERS ein Sehcentrum in der Nähe des Lobulus extremus und ein zweites Sehcentrum im Gebiete der unteren Parietalwindung bezw. des Gyrus angularis.

Auch FERRIER äußert sich für eine Lokalisation des Sehcentrums im Occipitallappen und im Gyrus angularis.

ANGELUCCI und SEPPILLI huldigen einer ähnlichen Auffassung.

Auf MONAKOW's hierbezügliche Darlegungen, wonach außer einem occipitalen Sehcentrum noch ein Sehcentrum im Gyrus angularis anzunehmen wäre, komme ich später noch zurück.

HENSCHEN ist in neuerer Zeit als Gegner dieser Lehre aufgetreten.

An der Hand einer aus der Literatur geschöpften Sammlung von Tumoren, Abszessen, Hämorrhagien, Erweichungsherden im Bereiche der Parietalregion des Gehirns, sucht HENSCHEN in einer neueren Arbeit im Wege der Kritik und Analyse nachzuweisen, daß Destruktionen der Rinde der Parietalregion an und für sich noch keine Sehstörungen hervorrufen; wo solche unter diesen Umständen vorhanden sind, werden sie bedingt durch Affektion der subkortikalen Opticusbahnen. Gleiches eruiert HENSCHEN speziell mit Bezug auf den Gyrus angularis.

NISSL v. MEYENDORF [1]) hat gezeigt, daß Hemianopsien beobachtet werden nur bei umfangreichen Herden des Gyrus angularis, welche centralwärts in das Markweiß sich erstrecken.

Bei der großen Bedeutung für das Sehen, welche den motorischen Reflexen zukommt, die mit den optischen Impulsen zusammenhängen und unter Beteiligung der lateralen Occipitalrinde zu Stande kommen, wird man jedoch an dem Wert dieser Rindenpartien für die optischen Funktionen nicht zweifeln dürfen.

Zur Betrachtung der Affektionen des Hinterhauptlappens übergehend, stellt HENSCHEN fest, daß jetzt ungefähr hundert Fälle vorliegen, welche die Lokalisation des Sehcentrums im Occipitallappen bezeugen. Es handle sich gegenwärtig eigentlich nur um gewisse Details dieser Lokalisationsverhältnisse. In dieser Beziehung war HENSCHEN schon auf Grund früher (1902) beigebrachten Beweismaterials zu dem Schlusse gekommen, daß Affektionen der Rinde der äußeren Occipitallappenfläche Sehstörungen nicht hervorrufen.

Diese Darstellung der Verhältnisse ist indessen von anderen Autoren und namentlich auch von MONAKOW [2]) beanstandet worden. Er findet

[1]) NISSL v. MEYENDORF, Monatsschr. f. Psych. Bd. 22, Heft 2.
[2]) MONAKOW, Nothnagels Pathologie und Therapie, Bd. IX, Heft 1.

bei einer erneuten Analyse der Kasuistik der Occipitallappenaffektionen, daß, von den Hemianopsiefällen abgesehen, wo mit der Rinde der Außenfläche des Hinterhauptlappens auch die Opticusbahnen affiziert waren, andere beweiskräftige Fälle vorliegen, wo Affektionen der äußeren Oberfläche des Hinterhauptlappens von Sehstörungen unbegleitet blieben. Hierher gehören z. B. zwei Fälle von B. Bramwell und Pick. Diese Fälle sprechen, wie Monakow meint, gegen eine Ausbreitung des Sehcentrums auf die Außenfläche des Hinterhauptlappens.

Monakow huldigt einer anderen Auffassung. Danach okkupiert das Sehcentrum die Region der Fissura calcarina und der beiden angrenzenden Gyri, den Cuneus, den Gyrus lingualis und den hinteren Abschnitt des Gyrus angularis. An dieser Ansicht hält er fest noch nach dem Erscheinen von Henschen's erster Arbeit (1892). Nach seiner Meinung ist die Frage nach der wirklichen Lokalisation der Sehsphäre beim Menschen allein auf Grund klinischer Beobachtungen mit Sektionsbefunden nicht lösbar, teils infolge der vorhin erwähnten Zirkulationsverhältnisse, teils infolge der Möglichkeit der Benutzung anderer Bahnen (Restitutionsphase). Aber die diesen Gegenstand betreffenden Tatsachen, sowie das Unversehrtbleiben der Macula lutea bei Destruktion beider Hinterhauptlappen, und endlich die Ergebnisse des Studiums der sekundären Veränderungen drängen zu der Annahme, daß die Sehsphäre außerhalb des Bereiches der Occipitalwindungen (Cuneus, Lobulus lingualis, Gyrus descendens, O^1—O^3) mindestens noch den hinteren Teil des Gyrus angularis umfaßt.

Monakow nimmt ferner an, daß der gelbe Netzhautfleck nicht in einem umschriebenen Rindenfelde lokalisiert ist. Nach seiner Meinung haben die peripheren Netzhautbezirke und die Macula lutea eine ungleiche Funktion: jene dienen mehr zur Orientierung der Bewegungen, diese vorzugsweise zur Lichtperzeption. Man darf daher voraussetzen, daß erstere in der Nachbarschaft der motorischen Augenzone an einer bestimmten Stelle lokalisiert sind, während die Macula entsprechend ihrer hervorragenden funktionellen Bedeutung diffuse Lage in der Rinde hat.

Monakow's Annahme einer so großen Ausdehnung der Sehsphäre gründet sich unter anderen darauf, daß bei einem 60 jährigen Manne, der in den ersten Lebensjahren beide Augen verloren hatte, die Atrophie des Henschen'schen Gebietes bei der Sektion nicht lebhafter ausgesprochen war, als an den übrigen Stellen des Occipitallappens. Um andererseits totale Amaurose und Degeneration der primären Opticuscentren hervorzurufen, muß nicht nur der innere, sondern auch der äußere Teil des Occipitallappens zerstört werden.

Ungeachtet dieser ganzen Diskussion, bleibt Henschen in seiner späteren Arbeit[1]) unter Analyse des gesamten anatomisch-klinischen Beweismaterials bei seiner früheren Meinung bestehen, daß das kortikale Sehcentrum beim Menschen an der inneren Fläche des Hinterhauptlappens an beiden Abhängen der Fissura calcarina lokalisiert ist. Die Fälle, welche für das Bestehen eines Sehcentrums an der konvexen Fläche des Hinterhauptlappens zu sprechen scheinen, sollen in Wirklichkeit auf gleichzeitiger Affektion der Opticusbahnen beruhen.

---

[1]) Henschen, Revue critique etc., Paris 1900.

Aber auch andere Autoren schließen sich in dieser Beziehung Henschen nicht ganz an.

Bernheimer[1]) z. B. äußert auf Grund anatomischer und physiologischer Befunde die Ansicht, daß alle Teile des Occipitallappens von Optikusfasern versorgt werden. Die Zerstörung der äußeren Teile führte in seinen Versuchen an Affen zur Degeneratiom im Pulvinar und im Vierhügel. Den Gyrus angularis rechnet er nicht zur Sehsphäre, denn seine Zerstörung beweist keine Degeneration. Er ist, wie schon früher erwähnt, auch ein Gegner der insulären Lokalisation der Maculafasern in der Rinde; letztere sollen schon im lateralen Kniehöcker mit den peripheren Fasern gemischt sein; daher könne sogar die totale Unterbrechung der Maculafasern durch andere Bahnen kompensiert werden.

a) Pathologische Beobachtungen über die Seelenblindheit.

Bei doppelseitigen Affektionen im Bereiche der Außenfläche des Occipitallappens sind Erscheinungen zu beobachten, welche schon seit längerer Zeit als Seelenblindheit bekannt sind. Zuweilen tritt Seelenblindheit auch als Symptom der progressiven Paralyse auf (Fürstner[2])).

Nach der Ansicht von Long wird die Seelenblindheit, welche man dem Verlust des Gedächtnisses für optische Eindrücke zuschreibt, höchstwahrscheinlich bedingt durch zweiseitige Herde, welche sich im Gebiete der äußeren Fläche des Occipitallappens entwickeln (Munk, Willbrand, Richet, Violet).

Long beobachtete die Erscheinungen der Seelenblindheit jedoch auch nach einseitiger Erkrankung der Außenfläche des linken Hinterhauptlappens. Er meint aber, daß hier auch die Assoziationssysteme ganz oder teilweise in Mitleidenschaft gezogen sein konnten.

Hier eine charakteristische Beobachtung dieser Art:

Patient, Schuster, 65 Jahre alt, ohne bestimmte hereditäre Prädisposition für Nervenkrankheiten. Vor 6 Jahren ein Trauma, das sich vor 4 Jahren wiederholte. In letzterer Zeit sind wieder Gehirnsymptome aufgetreten. Es entwickelte sich linksseitige Hemiparese, sehr auffallend am Gesicht. Die Sensibilität ist auf der linken Seite erloschen. Patient begreift nicht, was man ihm sagt, er erkennt seine Umgebung nicht, auch nicht seine Frau, welche ihn im Krankenhaus aufsucht. Wenn man sich seinem Bett nähert, hält er die Hand über die Augen, als wollte er schärfer sehen; nach mehrfacher Wiederholung dieser Geste läßt er die Hand hilflos sinken. Man kann ihn nicht dazu bringen, die Milch aus dem Glase zu trinken; diese muß in eine kleine Flasche gegossen werden, welche ihm dann in den Mund eingeführt wird; er trinkt aber auch so die Milch nur mühsam. Späterhin lernte Patient die Umgebung besser erkennen, verschluckte die ihm in den Mund eingeführte Milch; er hat den Gebrauch der Milchflasche begriffen; wenn man sie ihm hinstellt, befühlt er sie jedesmal mit der rechten Hand,

[1]) Bernheimer, Anatom. und experim. Untersuchungen über die kortikalen Sehcentren. Klin. Mon. f. Augenheilk. 1900. Die kortikalen Sehcentren. Wien. Med. Woch. 1900, Nr. 49.

[2]) Fürstner, Weitere Mitteilungen über einige eigentümliche Sehstörungen bei Paralytikern. Arch. f. Psych., Bd. 9.

trinkt und stellt die Flasche an ihren Platz zurück. Man eruierte bei dem Kranken das Bestehen von linksseitiger homonymer Hemianopsie. Um diese Zeit begriff er noch nicht die Bedeutung des Milchglases, er stieß es um, dreht und kehrt es, ohne es jedoch zum Munde zu führen und ohne jede Vorsicht mit dem Inhalt, welchen er dabei verschüttete. Am Tage darauf bemerkte man, daß der Kranke bereits sich einige Kenntnis davon angeeignet hatte; er trinkt jetzt allein aus dem Glase, kann aber feste Nahrung nur dann aufnehmen, wenn man sie ihm in den Mund legt. Mit der Zeit besserte sich der Zustand der Seelenblindheit progressiv, die Extremitätenhemiparese verschwand, die Facialislähmung blieb aber bestehen. Es herrschte totale Worttaubheit; auch die Wortblindheit war anscheinend eine totale. Plötzlicher Exitus letalis unter hochgradiger Schwermütigkeit ungefähr zwei Monate nach Aufnahme in die Anstalt.

Bei der Sektion fand man eine Rindenerweichung im Verlauf der Fissura Sylvii, welche zerstört hatte: 1. die Basis der ersten Stirnwindung. 2. den vorderen Teil der ersten Schläfenwindung, 3. den unteren Teil des Gyrus supramarginalis und des Gyrus angularis. 4. den hinteren Teil der zweiten Occipitalfurche. An der rechten Hemisphäre betrifft die Läsion an der äußeren Oberfläche: den unteren Teil der aufsteigenden Parietalfurche, den oberen und hinteren Teil der ersten Schläfenwindung, die ganze untere Parietalwindung, wobei die Läsion sich rückwärts bis zum Gyrus angularis und bis an die zweite Occipitalwindung erstreckte. Tiefenwärts reichte die Zerstörung bis an die Verzweigungen des Thalamus. Die innere Kapsel war unversehrt.

Dieser Fall ist offenbar weitaus komplizierter, als es auf den ersten Blick scheinen möchte, denn die Seelenblindheit war hier durch Aphasie- und Apraxieerscheinungen kompliziert.

In einem von Monakow[1]) geschilderten Fall bestand doppelseitige kortikale Hemianopsie mit Ausfall des centralen Gesichtsfeldes und späterem Auftreten von hemianopischer Seelenblindheit, mit amnestischer Farbenblindheit und Störungen des Orientierungsvermögens — charakteristisch für Seelenblindheit bei zirkumskripten kortikalen Läsionen des Hinterhauptlappens.

Das Gesagte zusammenfassend, würde sich ergeben,/ daß beim Menschen außer einem unzweifelhaft nachgewiesenen optischen Perzeptionscentrum an der Innenfläche des Hinterhauptlappens im Bereiche der Fissura calcarina auf Grund klinischer und pathologisch-anatomischer Befunde noch ein zweites Centrum in der Rinde des äußeren Teils des Hinterhauptlappens anzunehmen ist, welches entsprechend den experimentellen Ergebnissen als psycho-sensitives Sehcentrum bezw. als optisches Vorstellungscentrum funktionieren muß.

Affektionen dieses Centrums führen ebenfalls zu Erscheinungen von Hemianopsie, die aber meist weniger stabil ist, als die durch Affektionen des Sehcentrums an der Fissura calcarina bedingten Hemianopsien. Zugleich besteht bei den betreffenden Kranken, namentlich in Fällen doppelseitiger Affektion, gewöhnlich das Bild einer mehr oder weniger deutlich ausgesprochenen Seelenblindheit.

---

1) Monakow, Verhandl. der deutschen Psychiater zu Frankfurt a. M. am 20.—30. April 1900.

b) Die Wort- und Notenblindheit.

Unter den pathologischen Erscheinungen, welche zu der psychischen Umgestaltung der Produkte optischer Perzeptionen in Beziehung stehen, gehören auch die wohlbekannten Erscheinungen einer besonderen klinischen Aphasieform, die man Wortblindheit nennt und die im wesentlichen in psychischer Blindheit gegenüber den Schriftzeichen der Worte sich äußert.

Diese Störung besteht bekanntlich darin, daß der Kranke das Geschriebene oder Gedruckte genau sieht, es aber nicht versteht.

Je nachdem, ob die Verbindung mit dem motorischen Schreibcentrum erhalten ist oder nicht, kann der Kranke das, was er gedruckt oder geschrieben vor sich hat, abschreiben oder nicht.

In diesem Fall ist also die optische Perzeption deutlich erhalten. Sie liefert aber keine entsprechenden optischen Vorstellungen.

Die Störung ist also eine besondere Varietät der sog. Seelenblindheit.

Auf Grund einer ganzen Reihe klinischer Beobachtungen Ferrier's nimmt Charcot — und nehmen mit ihm auch andere Autoren — an, daß in diesen Fällen der Gyrus angularis der linken Gehirnhemisphäre die am öftesten affizierte Rindenregion ist.

Auch Monakow[1]) glaubt die Alexie im Gyrus angularis lokalisieren zu dürfen.

Nach der Meinung anderer Autoren handelt es sich hier aber nicht um eine Affektion bestimmter Rindencentra, sondern um eine Affektion der Leitungsbahnen, welche von der Occipitalregion zu dem akustischen Sprachcentrum in der oberen Schläfenwindung der linken Hemisphäre verlaufen.

Ganz bestimmte Beweise liegen aber nach dieser Richtung hin nicht vor. Die meisten vorhandenen Tatsachen sprechen anscheinend für das Bestehen eines besonderen optischen Vorstellungscentrums. Auf die Existenz eines besonderen optischen Wortcentrums deutet u. a. die Analogie mit dem Worthörcentrum, über dessen Vorhandensein gegenwärtig keine Zweifel obwalten (s. oben).

Für die obige Lokalisation der Wortblindheit sprechen einige lehrreiche Fälle aus der Literatur. Unter anderem verdienen in dieser Beziehung einzelne Beobachtungen von Henschen und Sigaud Beachtung. Es gibt ferner zahlreiche Fälle von rechtsseitiger Hemianopsie mit Ataxie, wo man Destruktionen im Gebiete des linken Occipitallappens und des Gyrus angularis vorfand.

Nach den Angaben von Naunyn[2]) ist die Aphasie mit Wortblindheit am häufigsten lokalisiert in dem Grenzgebiet zwischen Gyrus angularis und Hinterhauptlappen.

Die Literatur kennt ferner Fälle von musikalischer oder Notenblindheit. Man darf auf Grund der Sektionsbefunde annehmen, daß das Centrum für Notenlesen im unteren Scheitellappen neben dem Centrum der Wortblindheit im Gyrus angularis lokalisiert sein muß. — Am allerhäufigsten findet sich dieses Centrum, laut den Angaben von Probst, linksseitig ausgebildet.

---

[1]) Monakow, Gehirnpathologie.

[2]) Naunyn, Aphasie. Versamml. in Wiesbaden 1887.

11. Der Einfluß der hinteren Hemisphärenpartien auf die Motilität des Auges.

Zu gedenken ist ferner gewisser klinischer Beobachtungen, welche auf Beziehungen der hinteren Rindenregionen zu den Bewegungserscheinungen am Auge hinweisen.

Speziell ist bezüglich der Lokalisation eines hinteren Augenbewegungscentrums beim Menschen vor allem eine umfangreiche Arbeit GRASSET's von Bedeutung.[1] Er kommt auf Grund einer ganzen Reihe von Beobachtungen zu dem Satz, daß Augendeviationen beim Menschen zu beobachten sind im Falle der Affektion der in der Umgebung der Fossa Sylvii belegenen Rindenpartien, namentlich aber bei Erkrankungen des Gyrus angularis.

Sodann beobachtete WERNICKE[2]) Deviationen der Augäpfel bei Beschädigungen des unteren Scheitelläppchens.

Es handelte sich in diesem Fall um kontinuierliches Abweichen des Kopfes und der Augäpfel nach rechts. Bei der Sektion fand man außer vielen verschieden lokalisierten Herden einen in die subkortikale Substanz vordringenden Herd der Rinde des Gyrus angularis.

WERNICKE[3]) macht ferner eine Reihe von Fällen namhaft, aus denen geschlossen werden darf, daß Affektionen der Parietalregion in gewissen Fällen von Kopf- und Augendeviationen begleitet sind.

Auch MONAKOW[4]) nimmt an, daß Augendeviationen beim Menschen Folge einer Affektion des Gyrus angularis sein können.

Laut Mitteilung von NISSL v. MAYENDORF können bei Affektionen des Gyrus angularis Augensymptome in Gestalt assoziierter Deviationen der Augäpfel, bedingt durch centrale Lähmung der Antagonisten, auftreten. Im Falle ihrer Parese kommt es zu Nystagmus bei Bewegungen des Auges nach der Seite der Parese. Es kommen ferner vor Defekte des Fixierens, Störungen der Distanzschätzung und Erweiterung der Pupille.

Agraphie bildet eine Teilerscheinung der Affektion; aber falls sie nicht von Alexie abhängt, dann ist sie auf umfangreiche Herde zu beziehen, welche sich nach vorn in die Tiefe des Hemisphärenmarkes hinein erstrecken.

Die Wortamnesie und Paraphasie hängen ab von einer Ausbreitung der Affektion über die erste und zweite Schläfenwindung; auch können sie bedingt sein durch Beschädigung des Fasciculus arcuatus ohne Mitbeteiligung des Schläfenlappens.

Unter den klinischen Zuständen, welche in dieser Beziehung eine gewisse Beachtung verdienten, ist der sog. optischen Ataxie zu gedenken, auf welche Dr. NOISCHEVSKI[5]) hinweist.

Die von MUNK beobachtete Tatsache, daß ein Hund, dem die Sphäre A' abgetragen wurde, auf das Futter nicht mit einem Mal, sondern nach

---

[1]) GRASSET, Localisations corticales. Rev. mens. 1879. Des localisations dans les maladies cérébrales. Paris 1880.

[2]) C. WERNICKE, Arch. f. Psych. Bd. 20.

[3]) C. WERNICKE, Lehrbuch der Gehirnkrankheiten, 1881.

[4]) MONAKOW, Gehirnpathologie, Wien 1897.

[5]) NOJSCHEVSKI, Kortikale Hemianopsie und optische Ataxie. Wissensch. Verhandl. der Psych. Klinik zu St. Petersburg 1903.

mehreren Kopfwendungen losgeht, beruht nach Noischevski's Meinung nicht auf Defekten des centralen Sehens, wie dies Munk glaubt, sondern auf optischer Ataxie. Er beruft sich zum Beweise der Richtigkeit seiner Ansicht auf klinische Fälle, in welchen eine analoge Störung bestand, sich darin äußernd, daß die Kranken bei erhaltenem Sehvermögen den Kopf zuerst drehen mußten, ehe es ihnen gelang, einen Gegenstand zu fixieren. Er nimmt an, daß auch Fürstner's Kranke zum Teil mit Erscheinungen optischer Ataxie behaftet waren. Zu bemerken ist, daß diese Störung wenig Ähnlichkeit mit tabetischer Ataxie hat; denn in letzterem Fall verschlimmern sich die Bewegungsstörungen beim Schließen der Augen, bei der optischen Ataxie dagegen zeigen sie bei geschlossenen Augen eher eine Besserung.

Analogien mit der tabetischen Ataxie hat nach meiner Ansicht nur die rechte optische Ataxie der Augenbewegungen, welche man unschwer bei Blinden konstatieren kann. Vermöge dieser Ataxie kommt es bei Personen, die ihr Sehvermögen ganz verloren haben, in der Regel zu ataktischem Nystagmus und zu mangelhafter Koordination der Augapfelbewegungen, weshalb die Kopfbewegungen nach verschiedenen Richtungen bei solchen Kranken ungenau und unzulänglich werden.

Zu den von mir beschriebenen Pupillencentren in den hinteren Hemisphärenpartien steht offenbar in Beziehung der in neuerer Zeit beschriebene Pupillenreflex von optischen Vorstellungen[1]), z. B. Verengerung der Pupille bei der Vorstellung von Hell und Erweiterung der Pupille bei der Vorstellung von Dunkel.

Es genügt nach meiner Beobachtung schon die bloße Vorstellung eines in der Nähe befindlichen Gegenstandes, um einen gewissen Grad von Akkommodationsspannung hervorzurufen; andererseits führt schon die Vorstellung eines in der Ferne befindlichen Gegenstandes zur Erschlaffung des Akkommodationsapparates. Auch dieser optische Akkommodationsreflex hat wohl Beziehungen zu den in meinem Laboratorium untersuchten Akkommodationscentren der hinteren Hemisphärenpartien.

Es können also, wie aus den vorhandenen klinischen Erfahrungen deutlich wird, im Bereiche der Sehsphäre unter Einfluß optischer Impulse Bewegungserscheinungen an den Augäpfeln ausgelöst werden, sei es, daß eine Einstellung auf das Objekt oder eine Abwendung von dem Objekte erfolgt.

12. Die subkortikale optische Bahn.

Zum Bestande der subkortikalen optischen Bahn (Fig. 430) gehören Leitungsfasern, welche vom lateralen Kniehöcker zur Rinde des Occipitallappens der Hemisphäre hinaufziehen. Eine neue Nachkreuzung findet auf dieser Strecke nicht statt, entgegen der einst von Charcot aufgestellten Behauptung, die sich auf Fälle von cerebraler Amblyopia offenbar hysterischen Ursprungs gründete.

Gegen die Existenz einer solchen Nachkreuzung zeugen nicht nur die klinischen Befunde, indem sie übereinstimmend dartun, daß Affektionen der weißen Substanz am hinteren Schenkel der inneren Kapsel, sowie solche der weißen Substanz des Occipitallappens Erscheinungen

---

[1]) Piltz, Neurolog. Centralbl. 1889, Nr. 11.

zweiseitiger Hemianopsie der kontralateralen Teile hervorrufen, sondern es sprechen dagegen auch die Ergebnisse meiner an Hunden ausgeführten Experimente.

Aus den anatomischen Befunden geht hervor, daß die sogenannte GRATIOLET'sche Sehstrahlung das allgemeine Bündel darstellt, welches die subkortikalen Bahnen der Sehsphäre der Gehirnrinde in sich vereinigt. Damit stimmen auch RAMON Y CAJAL's neuere Untersuchungen überein.

RAMON Y CAJAL[1]) nimmt an, daß in der GRATIOLET'schen Sehstrahlung (Fig. 430 *oc*) enthalten sind 1. eine thalamo-kortikale Opticusbahn, deren Fasern an der Fissura calcarina im GENNARI'schen Streif endigen und hier mit den Kernen und mit besonderen sternförmigen Zellen in Verbindung treten, und 2. kortiko-nukleäre Fasern, welche von der Rinde abstammen und zwischen den Nervenzellen des äußeren Kniehöckers sich aufzweigen.

Nach seinen Beobachtungen zeigen die centralen Opticusbahnen im Verhältnis zu den an die subkortikalen Centren abgehenden Reflexbahnen eine um so stärkere Ausbildung, je höher man in der Tierreihe aufsteigt.

Experimentelle Erhebungen über die Verhältnisse der subkortikalen Sehbahnen sind schon in den 80iger Jahren von mir angestellt worden.[2]) Um die Opticusfasern am hinteren Schenkel der Capsula interna zu durchschneiden, benutzte ich ein speziell zu diesem Zweck hergerichtetes Messerchen, welches in einem feinen metallischen Troikar verborgen war; dieser wurde bis zu einer entsprechenden Tiefe in das Gehirngewebe vorgeschoben, dann das Messer aus dem Troikar geschoben und durch eine entsprechende Drehung des Handgriffes das Hirngewebe durchschnitten. Der Schnitt lag, wie ich mich durch nachträgliche Sektion der so operierten Hunde überzeugte, ganz am hinteren Schenkel der Capsula interna nahe am Beginn des Horns. Man beobachtete bei den Versuchstieren in allen Fällen zweiseitige homonyme Hemianopsie auf der entgegengesetzten Seite, und zwar ganz von der nämlichen Art, wie sie bei Durchschneidung des entsprechenden Tractus opticus auftritt, nur mit dem Unterschied, daß dabei Störungen der Pupillenreaktion nicht vorhanden waren. Auch hier war der verdunkelte Teil des Gesichtsfeldes am kontralateralen Auge erheblich größer als der sehende: das homolaterale Auge verhielt sich in dieser Beziehung umgekehrt.

Da auch die Zerstörung des Sehcentrums der Gehirnrinde ganz dieselben Erscheinungen homonymer Hemianopsie hervorruft, so darf mit Sicherheit geschlossen werden, daß die optischen Bahnen nach ihrem Austritte aus dem lateralen Kniehöcker ohne Nachkreuzung zur Rinde des Occipitallappens gelangen.

Nach den Beobachtungen von MONAKOW[3]) erzeugt die Durchschneidung des hinteren Schenkels der Capsula interna aufsteigende Degeneration der kortikalen Leitungsfasern und Degeneration in der Occipitallappenrinde am Orte des Sehcentrums, wo unter anderem die großen Zellen der dritten Schicht degeneriert und die Nervennetze der dritten und fünften Schicht atrophisch gefunden wurden.

---

[1]) RAMON Y CAJAL, Plan des Baues des Thalamus. XIV. Intern. Med. Kongreß zu Madrid.

[2]) W. BECHTEREW, Über die Folgeerscheinungen der Durchschneidung der Sehbahnen im Gehirninnern. Neurolog. Centralbl. 1884, Nr. 1.

[3]) MONAKOW, Archiv f. Psych., Bd. 20, H. 3.

Monakow hält das Vorhandensein von Beziehungen der Rinde zu den Ganglien des lateralen Kniehöckers und des Pulvinars durch experimentell-anatomische und pathologisch-anatomische Befunde für erwiesen.

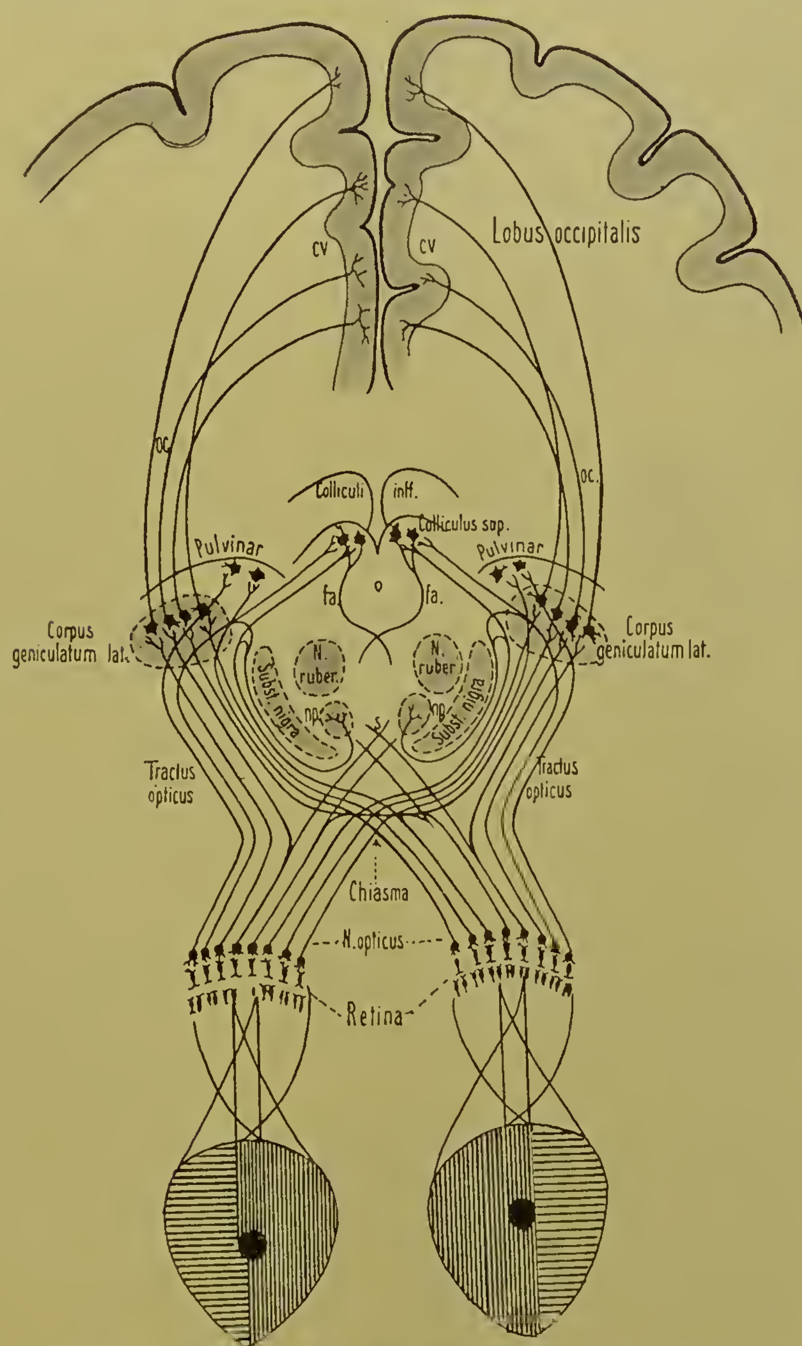


Fig. 430.
Verlauf der optischen Bahnen von der Netzhaut bis zur Hirnrinde.
oc Kortikale Sehbahnen (Bündel von Gratiolet).

Der seitliche Teil der Sehsphäre entspricht dem inneren Teil des lateralen Kniehöckers, der mediale Teil der Sehsphäre dem seitlichen Teil des lateralen Kniehöckers, während das Pulvinar mit dem Gyrus angularis in Verbindung stehen soll.

a) Topographie der Sehbahnen beim Menschen.

Was die Lage der subkortikalen Sehbahnen beim Menschen betrifft (Fig. 431 *fg*), so finden sie sich, im lateralen Kniehöcker beginnend, nach den Angaben von Henschen in der Höhe der ersten und zweiten Schläfenfurche. Eine gleiche Richtung haben die Sehbahnen auch im Occipitallappen, hier aber entsenden sie Fasern zu der oberen und unteren Lippe der Fissura calcarina. Die zuletzt genannten Fasern haben bogenförmigen, unregelmäßigen Verlauf: sie umbiegen den hintersten Teil des Hinterhorns; hinter dem Ventrikel bilden sie ein dreiseitiges Feld, von welchem die Fasern zur Fissura calcarina ausstrahlen.[1])

Nach den Angaben von Henschen lagern sich die Opticusfasern in den Gratiolet'schen Bündeln in vertikaler Richtung ganz so, wie in der Netzhaut. Das gleiche Lageverhältnis soll auch im Occipitallappen und an der Fissura calcarina bestehen bleiben.[2])

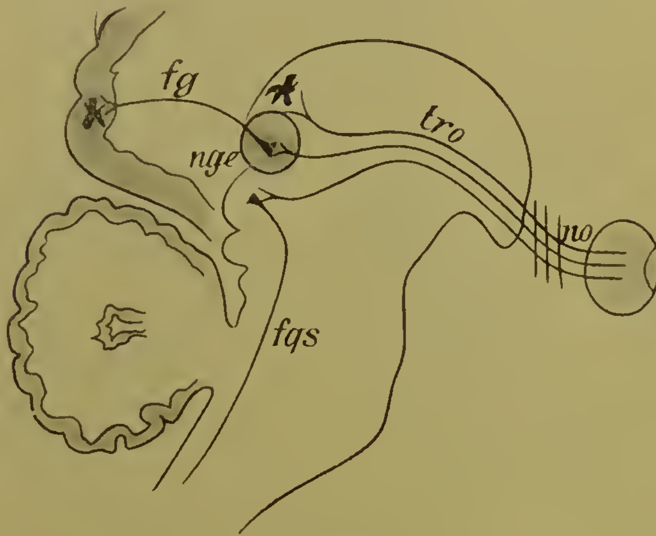


Fig. 431.
Die centrale Sehbahn. — *no* Sehnerv; *tro* Tractus opticus; *nge* lateraler Kniehöcker; *fg* Sehbündel des Hinterhauptlappens; *fqs* Fasciculus quadrigemino-spinalis.

Daher stellt Henschen auf Grund der Analyse zahlreicher klinischer Beobachtungen den Satz auf, daß Läsionen des hinteren Teiles der Opticusbahnen im lateralen Kniehöcker, hinter diesem und in der Rinde der Fissura calcarina zur Hemianopsie des unteren Quadranten führt, während Läsionen des ventralen Abschnittes der Opticusbahn Hemianopsie im oberen Quadranten erzeugt.[3])

Laut Angabe von Nissl v. Meyendorf[4]) verlaufen die Fasern des Maculabündels im centralen Neuron der Opticusbahn und zwar in ihrem dorsalen Abschnitt. Daher führen Affektionen dieses Abschnittes der Opticusbahn konstant zu Wortblindheit, wobei in seltenen Fällen Seelenblindheit und optische Hallucinationen hinzukommen.

Beim Menschen und bei den Tieren sind sämtliche kortikalen Sehstörungen, welche durch Unterbrechung der subkortikalen Leitungsbahnen bedingt werden, unbegleitet von Veränderungen der Pupillenreaktion, während die durch Tractusaffektionen bedingten Hemianopsien unter träger Pupillenreaktion oder unter totalem Schwund der Reaktion in den blinden Teilen der Netzhaut (sog. hemiopische Pupillenreaktion)

[1]) Henschen, Revue critique, S. 122.
[2]) Henschen, ibidem, S. 120.
[3]) Henschen, a. a. O., S. 119.
[4]) Nissl v. Meyendorf, Monatsschr. f. Psych. Bd. 22, Heft 2.

verlaufen. Dieses Verhalten ist zuerst von Willbrand[1]) betont, von Wernicke[2]) dann diagnostisch verwertet und von Ferrier, Sinani und mir durch Tierversuche (Durchschneidung des Tractus opticus) bestätigt gefunden worden.

b) Die centrifugalen Bahnen des kortikalen Sehcentrums.

Es bestehen die subkortikalen Bahnen des Sehcentrums sicher nicht allein aus centripetalen, sondern auch aus centrifugalen Leitungen. Schon im Verlaufe der centripetalen Fasern, welche vom lateralen Kniehöcker zur Occipitallappenrinde hinaufsteigen, gibt es auch rückläufige, also centrifugale Fasern, welche die Rinde des Sehcentrums mit dem lateralen Kniehöcker in Verbindung setzen. Diese Centrifugalfasern laufen dann weiter im Tractus und Nervus opticus bis zur Netzhaut.

Über die Bedeutung dieser rückläufigen Fasern im System der Opticusfasern ist schon die Rede gewesen.

Es geht, wie ich hier noch anmerke, aus Ramon y Cajal's neueren Ermittelungen hervor, daß alle sensiblen Kerne des Thalamus, mit Einschluß beider Kniehöcker, als Endstätten absteigender oder kortikonukleärer Fasern sich erkennen lassen.

Ramon y Cajal berührt nun auch die Frage nach der Bedeutung dieser absteigenden sensiblen Fasersysteme. Er nennt drei diesen Gegenstand betreffende Hypothesen:

1. Zunächst die Hypothese der gespannten Aufmerksamkeit (Radziwilowicz, Roux), die zur Erklärung der Tätigkeit der centrifugalen Netzhautfaser vorgeschlagen wurde. In Beziehung auf die kortikonukleären Fasern würde diese Hypothese besagen, daß die Gehirnrinde auf die Centra des Thalamus einwirkt, indem sie die Ausbreitung des centripetalen Stromes erleichtert durch Annäherung der Dendriten an die Telodendrien (Duval) oder auf irgend eine andere Weise. Erklärbar wäre dadurch unsere Fähigkeit, die Aufmerksamkeit auf einen bestimmten Punkt des Gesichtsfeldes, auf einen bestimmten Ton oder auf eine umschriebene Stelle sensibler Hautperzeption zu konzentrieren.

2. Die Hemmungshypothese läuft im wesentlichen auf dasselbe hinaus, wie die vorerwähnte; nur wirken ihr zufolge die Centrifugalfasern nicht im Sinne einer Förderung der Erregungsfortpflanzung über die Neuronen, sondern im Sinne einer Aufhaltung oder Hemmung des Nervenstromes unter Ausschluß des Gebietes, welches gerade Gegenstand besonderer Aufmerksamkeit ist.

3. Die Hypothese der Nervenladung vertritt Ramon y Cajal selbst. Die Zellen mit kurzen Axiten sind, wie er gefunden haben will, nicht eingeschlossen zwischen afferenten, bezw. centripetalen Fasern und aufsteigenden Neuronen mit langen Axiten, sondern zwischen den Verästelungen absteigender oder kortiko-nukleärer Fasern und Zellen aufsteigender Neuronen. Den Zellen mit kurzen Axiten schreibt er die Bedeutung elektrischer Akkumulatoren oder Kondensatoren der Nervenenergie zu. Dieser Auffassung nach dienen die centrifugalen Leitungs-

---

[1]) Willbrand, Über Hemianopsie, 1881.

[2]) Wernicke, Über hemiopische Pupillenreaktion. Fortschr. d. Med., 1883, Bd. 1, S. 50.

bahnen zur Entladung der Nervenenergie, und da, wo die Erregung in den ersten sensiblen Bahnen schwach ist, erfährt sie eine Steigerung in diesen Centren, um bis an die kortikalen Perzeptionscentra fortgepflanzt werden zu können. In der Netzhaut und im Bulbus olfactorius endigen die centrifugalen Leitungen ebenfalls nicht an Zellen mit langen Axiten, sondern um intermediäre Körperchen, welche wohl Analoga der Zellen mit kurzen Axiten darstellen.

Was die übrigen centrifugalen Bahnen betrifft, so verbinden sie die optischen Rindengebiete mit den Vierhügeln, dem Thalamus und den Brückenganglien.

Sicher erwiesen ist, daß die Region des vorderen Vierhügels keine centripetalen Verbindungen mit dem kortikalen Sehcentrum hat. Seine sämtlichen Beziehungen zur Gehirnrinde beruhen auf centrifugalen Verbindungen. Zum Vierhügel gelangt von der Außenfläche des Hinterhauptlappens und sogar von der Parietallappenrinde eine Anzahl centrifugaler Fasern, welche auf die Augenmuskeln Einfluß üben.

Man hat früher vielfach angenommen, daß die Augenbewegungen, welche im Falle der Reizung der hinteren Hemisphärenpartien auftreten, durch Erregungsübertragung auf die im Gyrus sigmoideus befindlichen Bewegungscentra zu Stande kommen. Nach der Meinung von Munk und Ferrier sind diese Bewegungen reflektorischer Natur und beruhen auf subjektiven Erscheinungen, welche durch Reizzustände in den Sehcentren zu Stande kommen.

Spezialversuche mit Durchschneidung der Hemisphären in frontaler Richtung und Abtragung der sensitiv-motorischen Centra der vorderen Hemisphärenpartien haben jedoch gezeigt, daß auch in diesem Fall die Reizung der hinteren Rindenregionen noch Augenbewegungen zur Folge hat. Auch hebt die Umschneidung des occipitalen Augencentrums diese Augenbewegungen nicht auf. Sie müssen also auf Grund eigener Leitungswege sich vollziehen, welche das kortikale Sehcentrum mit den subkortikalen Ganglien in Verbindung setzen.

Es läßt sich in der Tat experimentell nachweisen, daß auch die direkte Reizung des Markweißes des Hinterhauptlappens Augenbewegungen auslöst. Man muß daraus schließen, daß es sich auch hier um Leitungsbahnen handelt, welche die Sehcentra der Gehirnrinde mit den subkortikalen Ganglien in Verbindung setzen. Aus Versuchen von Zelericki und analogen Befunden meines Laboratoriums (Dr. Gerver) hat sich ergeben, daß die Augenbewegungen, welche man durch Reizung der Rinde des Occipitallappens erzielt, aufhören, sobald man den vorderen Vierhügel zerstört; woraus folgt, daß die motorischen Leitungen, welche vom occipitalen Sehcentrum ausgehen und die Bewegungen der Augäpfel beherrschen, in dem vorderen Vierhügel eine Unterbrechung erfahren.

Man darf annehmen, daß die Akkommodation, sowie die Pupillenverengerung, welche bei Reizung des kortikalen Sehfeldes eintreten, ebenfalls unter Vermittlung des vorderen Vierhügels zu Stande kommen. Wenigstens deuten darauf die Ergebnisse von Untersuchungen meines Laboratoriums (Dr. Bělicki.)

Die Abtragung des hinteren Akkommodationsrindenfeldes erzeugte in den Versuchen Dr. Bělicki's eine Degeneration, welche durch den hinteren Schenkel der inneren Kapsel zum Thalamus, zum lateralen

Kniehöcker und zum vorderen Vierhügel verfolgt werden konnte. Auf der Läsionsseite waren die Degenerationserscheinungen lebhafter ausgesprochen.

Was die Pupillenerweiterung betrifft, so ist dieselbe, wie wir sahen, Folge einer Funktionserregung des Oculomotoriuskerns. Die Fasern, welche diese Wirkung vermitteln, haben wahrscheinlich im allgemeinen die gleichen Verbreitungswege, wie die Bahnen für die Pupillenbewegung.

Wenigstens haben Spezialversuche meines Laboratoriums erkennen lassen (Dr. Gerver), daß von den hinteren Rindenpartien aus Augenbewegungen nicht erzielt werden können, falls man vorher den vorderen Vierhügel zerstört hat.

Zu den centrifugalen Leitungsbahnen gehören auch die Verbindungen des Sehfeldes der Gehirnrinde mit dem Thalamus.

Solche Centrifugalfasern kommen unter anderen in dem Faserzug vor, welcher als unteres Längsbündel bekannt ist. Dieser Zug wurde früher für eine Assoziationsbahn gehalten. Nach Flechsig's Befunden handelt es sich aber um ein besonderes Projektionsbündel, welches von der Rinde des Hinterhauptlappens zum Thalamus verläuft.

Aus einer pathologischen Beobachtung über Zerstörung nahezu des ganzen Occipitallappens in einem Fall von Mikrogyrie glaubt Schütz[1]) entnehmen zu können, daß das untere Längsbündel, wie dies oben Flechsig angab, eine Projektionsbahn darstellt, welche deutlich vom occipitalen Augenfelde zum Mittelhirn zieht. Die eingehendere Untersuchung ließ erkennen, daß im unteren Längsbündel Stabkranzfasern von centrifugalem Verlauf vorkommen, welche von den Centren des Olfactorius, Opticus, Acusticus und von anderen sensiblen Rindencentren herkommen.

Im weiteren Verlauf durchsetzt dieser Faserzug den Außenabschnitt der Substantia nigra. Seine letzten Ausläufer sollen bis zu den Respirationskernen und zu den Vorderhörnern des Rückenmarkes gelangen.

Um die Verbindungen des occipitalen Augenbewegungscentrums mit subkortikalen Regionen eingehender zu verfolgen, zerstörte Dr. Gerver (in meinem Laboratorium) dieses Rindencentrum. Die so erzeugte Degeneration ging mit dem Stabkranz und innerhalb der Gratiolet'schen Sehstrahlung zum hinteren Schenkel der inneren Kapsel; man fand sodann Degenerationserscheinungen im hinteren Teil des Thalamus, im lateralen Kniehöcker und im vorderen Vierhügel, namentlich im Hügel der gleichen Seite. An den Kernen der Augenbewegungsnerven waren Zeichen von Degeneration nicht vorhanden. Offenbar also hängt das occipitale Augenbewegungscentrum, abgesehen von seinen Verbindungen mit dem lateralen Kniehöcker und der hinteren Thalamuspartie, noch direkt mit der Region des vorderen Vierhügels zusammen, wodurch nun die Gehirnrinde des Occipitallappens auf die Kerne der Augenbewegungsnerven Einfluß gewinnt. Man versteht es daher, warum die Zerstörung des vorderen Vierhügels den okulomotorischen Effekt der Occipitallappenreizung aufhebt.

[1]) H. Schütz. Über die Beziehungen des unteren Längsbündels. Neurolog. Centralbl. 1902, Nr. 19.

Was endlich die Verbindungen der hinteren Thalamuspartie mit dem occipitalen Augenbewegungscentrum betrifft, so kommen durch dieselben, wie dies schon früher erläutert wurde, entsprechende Ausdrucksbewegungen zu Stande, welche durch optische Perzeptionen angeregt werden.

Von den Wirkungen der Sehsphäre auf die allgemeinen lokomotorischen Bewegungen bei mäßiger Reizung war im bisherigen bereits die Rede.

Mit Rücksicht auf die anatomischen Zustände wird wohl kaum zu bezweifeln sein, daß in diesem Fall die occipito-temporalen kortikopontilen Trakte als Centrifugalleitung funktionieren müssen, die in absteigender Richtung bis an die Ganglien der Varolsbrücke gelangen.

XVI.

Die Centra der höheren psychischen Verrichtungen.

Wir kommen nun, nach Darstellung der sensitiv-motorischen Fähigkeiten der Gehirnrinde, zu den Funktionsverhältnissen der übrigen Rindenpartien, welchen offenbar die Erfüllung höherer psychischer Leistungen anvertraut ist.

Die Frage nach den höheren psychischen Centren ist von den Physiologen, welche sich mit dem Leben der Gehirnrinde beschäftigten, schon oft berührt worden; aber ihre Lösung ist recht verschieden ausgefallen. Die Phrenologie lokalisierte gewisse Besonderheiten des Verstandes und Charakters in bestimmten Gehirnregionen, welchen Vorwölbungen an der äußeren Schädeloberfläche entsprechen sollten, ein Versuch, welcher auf Gall's anatomisch-physiologische Untersuchungen zurückführt. Im übrigen gab es stets zwei Reihen von Auffassungen über die höheren psychischen oder intellektuellen Funktionen der Gehirnrinde. Die Einen nahmen mit Flourens, dem Vertreter der Einheit der Gehirnfunktionen, an, daß die psychischen Leistungen überall im Bereiche der Gehirnhemisphären verbreitet sind. In der Zeit nach Flourens hat zwar die Physiologie der Gehirnrinde große Fortschritte gemacht und man gelangte zur Aufstellung spezieller Centra für Motilität und Sensibilität, welche Flourens noch nicht kannte. Aber auch in neuerer Zeit haben Forscher, wie Goltz, noch an der Meinung festgehalten, daß eine strenge Lokalisation der höheren psychischen oder Verstandesfunktionen in der Gehirnrinde nicht besteht. Indessen fiel aber Goltz der Umstand auf, daß Hunde nach erfolgter Zerstörung der hinteren Partien der Hemisphärenrinde sanft, ruhig und apathisch werden, während Hunde nach Fortnahme der vorderen Hemisphärenpartien bösartig und knurrig sich geberden. Goltz verwertete aber diese Erscheinungen nicht im Sinne einer Lokalisation der höheren psychischen Verrichtungen der Tiere; er suchte sie auf Hemmungswirkungen seitens der zerstörten Gehirnpartien zurückzuführen.

Selbst so ausgesprochene Vertreter der Lehre von den Rindenlokalisationen, wie Munk, nehmen noch für die höheren psychischen

Leistungen keine streng bestimmten Gebiete der Hirnrinde in Anspruch. Vielmehr sollen die intellektuellen Verrichtungen, welche den Inbegriff des Verstandes bilden, überall diffus auf die Gehirnrinde verteilt sein und nirgends spezielle Stätten dafür bestehen. Den Intellekt definiert MUNK als Resultat des Zusammenwirkens aller Sinnessphären. Ein besonderes, speziell dem Intellekt dienendes Centrum gibt es darnach nicht, denn die Sinnesfelder okkupieren ja die gesamte Rindenoberfläche; auch die Rinde des Stirnlappens wird von dem Sinnescentrum für den Rumpf eingenommen. Überhaupt gibt es nach MUNK's Auffassung in der Gehirnrinde keine Gebiete, die speziell mit psychischen Funktionen ausgestattet wären; die intellektuellen Leistungen sollen an die Tätigkeit des ganzen Gehirns gebunden sein. Selbst Rindenregionen vom Range der Stirnlappen haben nach MUNK keine besondere Bedeutung für die psychischen Funktionen; sie sind bestimmt zur Erfüllung elementarer sensitiv-motorischer Funktionen, welche in nächster Beziehung zum Rumpfe stehen.

Die Stirnlappen sind also nach MUNK's Meinung nicht Sitz des Intellektes. Überhaupt gibt es nach seiner Darstellung keine besonderen Rindenterritorien, welche speziell zu den höheren psychischen Funktionen in Beziehung stehen, wie es auch keine Rindenterritorien gibt, welche nur im Dienste der Empfindungssphäre stehen würden.

MUNK's Auffassung der Bedeutung des Stirnlappens für die Sensibilität und Motilität des Rumpfes ist indessen angefochten worden. Die Ergebnisse von MUNK's Versuchen bei der Reizung und Zerstörung der Stirnlappen werden von HITZIG darauf zurückgeführt, einerseits daß so große Reizstärken zur Anwendung gelangten, daß auch die angrenzenden Teile der motorischen Zone mitgereizt wurden, andererseits daß die Läsion der Stirnlappen auch das Gebiet des Rumpfes tangierte, dessen Centra bei den Affen, wie wir sahen, am hinteren Abschnitt der ersten Stirnwindung ihre Lage haben.

Immerhin haben sich andere Autoren, wie WERNICKE[1]) und MONAKOW[2]) später noch in dem Sinne geäußert, daß den höheren psychischen Funktionen nicht eine bestimmte Lokalisation zukommt, wie etwa den elementaren psychischen Prozessen (Perzeption und Vorgänge, die mit der Orientierung und den Antwortbewegungen verbunden sind).

Dem gegenüber vertreten andere Gehirnforscher den Standpunkt einer bestimmten Lokalisation der Rindenfunktionen und speziell auch der höheren psychischen Verrichtungen. Schon längst bezeichnen die Tatsachen der vergleichenden Anatomie und die klinische Erfahrung den Stirnlappen als eine Region, die für die psychischen Leistungen besondere Bedeutung hat. Die ungewöhnliche Ausbildung des Stirnlappens beim Menschen unterstreicht in evidenter Weise seine hervorragende Bedeutung für die Ausbildung der höheren psychischen Tätigkeiten, und die Erfahrungen der klinischen Pathologie, die eklatanten Beispiele von Defektheit und Verfall der Geistesfähigkeiten bei Affektionen des Stirnlappens ließen anscheinend mit Sicherheit auf spezielle Beziehungen des Stirnlappens zu den höheren psychischen Lebenstätig-

---

[1]) C. WERNICKE, Der aphasische Symptomenkomplex 1874.

[2]) C. MONAKOW, Über den gegenwärtigen Stand der Frage nach der Lokalisation im Großhirn. 1902. I. Jahrg., 2. Abt.

keiten schließen. Nach dem Befunde EDINGER's, welcher die vergleichend-anatomischen Verhältnisse des Stirnlappens besonders eingehend verfolgte, steht die Ausbildung dieser Gehirnpartie beim Menschen in direktem Verhältnisse zu den Funktionen, durch welche der Mensch über alle höheren Tiere emporragt, und dies sind eben die höheren psychischen Leistungen. Diese Leistungen werden ihm durch den Besitz eines außerordentlich reichen Systems von Assoziationsbahnen anatomisch ermöglicht. Gerade die Masse des Stirnlappens weist aber einen hervorragenden Reichtum an Assoziationsfasern auf, welche zu den allerentlegensten Rindenprovinzen ausstrahlen und hier häufig ihre Endstätten haben. Man kann den Stirnlappen des menschlichen Gehirns im Ganzen als ein umfangreiches Assoziationscentrum auffassen.

Den hervorragenden Anteil des Stirnlappens an den psychischen Prozessen betonen auch WUNDT[1]), HOYER[2]) und Andere, ganz abgesehen von gleichlautenden Urteilen der Kliniker, der Neuropathologen und Psychiater.

Auch experimentelle Befunde sind über diesen Gegenstand beigebracht worden.

HITZIG beobachtete bei seinen Versuchstieren nach Abtragung der Stirnlappen Erscheinungen von Idiotismus. Er schloß daraus, daß die Region der Stirnlappen als Ort der höheren psychischen Verrichtungen funktionieren muß.

FERRIER betrachtet ebenfalls auf Grund von Tierversuchen die Präfrontalregion, also jene Teile der Rinde der Stirnwindungen, welche sich vor der Sutura coronaria befinden, als Gebiete, in welchen die Aufmerksamkeit lokalisiert ist. Demzufolge spielen diese Gebiete auch eine hervorragende Rolle bei dem Zustandekommen der psychischen Prozesse.

Auch andere Forscher, wie z. B. BIANCHI, schreiben dem Stirnlappen eine besondere Bedeutung für die psychischen Lebenstätigkeiten zu.

Nach den Auffassungen der WUNDT'schen Schule ist die sogenannte Apperzeption eine Leistung des Stirnlappens. Man hat Veränderungen des Charakters und Niedergang der Geistestätigkeit bei Affektionen des Stirnlappens häufig gerade mit Störungen der Apperzeption in Zusammenhang gebracht. Auch die mangelhafte Ausbildung des Stirnlappens bei den Tieren ist auf Fehlen der Apperzeption bei denselben zurückgeführt worden.

Aber auch die Region des Parietallappens hat nach der Meinung mancher Autoren (LUCIANI u. A.) große Bedeutung für die psychischen Leistungen.

Wenn für Sehen, Hören, Riechen und Sensomotilität besondere Stätten in der Gehirnrinde gegeben sind, so liegt nach LUCIANI's Darstellung in dem Augengebiet MUNK's ein besonderes Territorium vor, wo alle Sinnesgebiete sich gewissermaßen die Hand reichen. Diesem Territorium muß daher in psychischer Beziehung eine hervorragende Rolle zufallen. Die Exstirpation dieses Gebietes führt nach LUCIANI's Angaben zu Sehstörungen, aber gleichzeitig auch zu Alterationen des Gehörs, des Geruches und der Tastempfindungen. Es gibt kein zweites

---

[1]) WUNDT, Grundzüge der physiolog. Psychologie Bd. I.
[2]) HOYER, Gehirn und Gedanke.

Rindengebiet, dessen Zerstörung so ausgedehnte Funktionsdefekte und so tiefe Veränderungen der psychischen Leistungen nach sich zieht, wie das hier in Rede stehende Rindenfeld.

Hitzig ist jedoch der Meinung, daß die Aufstellung eines solchen „Centralcentrums" nur dann hinreichend begründet wäre, falls die Abtragung kleiner Stücke des betreffenden Rindengebietes in gleicher Weise alle übrigen Sinnessphären alterierte. Dies ist in Wirklichkeit jedoch nicht so.

Immerhin ist die große Bedeutung der Rindenzone, welche im hinteren Hemisphärenabschnitt den Sinnesperzeptionscentren benachbart liegt, auch anderweitig anerkannt worden.

Munk sah beim Hunde Schwachsinn auftreten nach Zerstörung der centralen Teile des Schläfenlappens. Gleiches beobachtete man bei den hierbezüglichen Versuchen meines Laboratoriums (Dr. Larionov), nämlich Schwachsinn mit Seh- und Hörstörungen nach Läsionen der Rinde der 2. und 3. Temporalwindung und eines Teiles des Hinterhauptlappens.

1. Die Lehre von den Assoziationscentren der Gehirnrinde.

Flechsig's neueren Untersuchungen verdankt die Lehre von der Lokalisation der psychischen Funktionen in bestimmten Gebieten der Gehirnrinde eine weitgehende Entwicklung.

Auf Grund embryologisch-anatomischer Befunde unterscheidet Flechsig in der Gehirnrinde außer sensitiv-motorischen Centren mehrere sog. Assoziationscentra, welche den größten Teil der Gehirnrinde, nämlich zwei Drittel ihrer Ausdehnung, okkupieren.

In anatomischer Beziehung unterscheiden sich diese Assoziationscentra von den sensitiv-motorischen Centren dadurch, daß sie nicht direkt mit subkortikalen Gebilden in Verbindung stehen. Ihr Markweiß besteht also aus Assoziationsfasern, enthält aber gar keine Projektions- oder Leitungsfasern.

Histologisch entspricht der Bau der Rinde im Bereiche der Assoziationscentra dem Meynert'schen Fünfschichtentypus. Embryologisch gehören sie zu den Rindengebieten, welche spät ihre Ausbildung erfahren.

Solcher Assoziationsfelder nun unterscheidet Flechsig drei:

1. Das größte ist das hintere Assoziationscentrum. Es umfaßt die Region der Parietalwindungen, den Präcuneus, einen Teil des Gyrus lingualis, den fusiformis, die zweite und dritte Schläfenwindung und den Außenteil der drei Occipitalwindungen.

Dieses Centrum ist durch Assoziationsbahnen verbunden mit den Rindencentren des Sehens, des Hörens, sowie mit der sog. Körperfühlsphäre (Centralwindungen und Fuß der Stirnwindungen). Zustände von Bewußtseinsverwirrung hängen in erster Linie mit Affektionen dieses großen Assoziationsfeldes zusammen.

2. Das vordere Assoziationscentrum umfaßt die Rinde der ersten und zweiten Stirnwindung und den Gyrus rectus.

Dieses Centrum steht in Verbindung vor allem mit der Körperfühlsphäre, mit der dritten Stirnwindung und mit dem Riechcentrum.

Das vordere Assoziationscentrum ist die Gehirnrinde, in welcher der Begriff der eigenen Person erwacht, die Vorstellung des „Ich" geschaffen wird. Deshalb führen pathologische Prozesse im Bereich dieses Centrums zu Veränderungen der Persönlichkeit, zur Entstehung von Größenwahn oder Selbstvernichtungswahn.

3. Das mittlere Assoziationscentrum findet sich im Bereich der Insula Reilii. Das Centrum ist durch Assoziationsfasern verbunden mit der dritten Stirnwindung und mit dem Hörcentrum. Es soll nach Flechsig's Vermutung zur Funktion der Sprache bestimmt sein.[1])

Die drei genannten Assoziationscentren bilden nun den Sitz der psychischen Leistungen.

Auf der Gliederung der Gehirnrinde in sensitiv-motorische Centra und Assoziationscentra beruht die Tatsache, daß Rindenaffektionen in manchen Fällen zu Defekten der Sensibilität oder Motilität ohne psychische Alterationen führen, während in anderen Fällen Rindenherde rein psychische Störungen hervorbringen.

Nach den Angaben Flechsig's kommt es im hinteren Assoziationsfelde zur Assoziation der Vorstellungen mit Worten. Demnach dient die untere Parietalregion zur Assoziation von Tastvorstellungen mit Wortbildern, die hintere-untere Parietalregion zur Verknüpfung optischer Vorstellungen mit Wortbildern, die centrale Temporalregion zur Verknüpfung von Gehörvorstellungen mit Tonbildern. Das vordere Assoziationscentrum ist laut Flechsig's Angaben verbunden mit den Erinnerungsbildern des Gefühls des Angenehmen oder Unangenehmen, sowie mit Erinnerungsbildern von Bewegungen, Trieben und Handlungen, welche zur Entwicklung des Persönlichkeitsbewußtseins dienen.

Die von Flechsig[2]) unternommene Aufstellung spezieller Assoziationscentra, die zu den höheren psychischen Leistungen Beziehungen haben, hatte folgende tatsächliche Grundlagen:

1. die spätere Ummarkung der Nervenfasern bestimmter Gebiete der Gehirnrinde;

2. die Beziehungen der Assoziationscentra zu anderen Teilen der Hemisphären vermittelst Assoziationsfasern;

3. das Fehlen von Projektionsfasern im Bereiche der Assoziationscentra;

4. pathologische Tatsachen.

Auch die Verbindungen des hinteren Assoziationscentrums mit dem Thalamus sind nach der Meinung Flechsig's ebenfalls psychische oder Assoziationsverbindungen. Denn es steht so durch den Thalamus das hintere Assoziationscentrum mit dem Stirnlappen im Zusammenhang.[3])

Erhärtet findet Flechsig seine Lehre, abgesehen von Zuständen progressiver Paralyse mit vorwiegender Beteiligung des vorderen Assoziationscentrums, in erster Linie durch die Erscheinungen der sog. transkortikalen Aphasie. In einem von Heubner[4]) mitgeteilten Fall

---

[1]) P. Flechsig, Gehirn und Seele. Leipzig 1896.

[2]) P. Flechsig, Gehirn und Seele. — Die Lokalisation der geistigen Vorgänge etc. Leipzig 1896.

[3]) P. Flechsig, Neurolog. Centralbl. 1897, Nr. 7. Plan des menschlichen Gehirns. Leipzig 1883. Neurolog. Centralbl. 1883, S. 501, ibid. 1894, Nr. 19. 1895, Nr. 23. Verhdl. d. Sächs. Ges. d. Wiss. 1894, Nr. 2, S. 164.

[4]) Freud, Zur Auffassung der Aphasien. Leipzig und Wien 1897, Bd. 5, H. 6.

hörte der Kranke und sprach richtig nach, was man ihm vorsagte, er konnte schreiben und laut lesen, ja er konnte auch selbst sprechen; aber er begriff nicht, was man ihm sagte. Es handelte sich bei dem Kranken offenbar um Dissoziation des WERNICKE'schen Wortperzeptionscentrums und des BROCA'schen Centrums von dem Centrum der konkreten Vorstellungen. Bei der Sektion fand man in der Tat einen Erweichungsherd, welcher das WERNICKE'sche und BROCA'sche Centrum von den Assoziationsfeldern gewissermaßen abschnitt.

In einer späteren Mitteilung unterscheidet FLECHSIG die Rindengebiete nach der Zeit ihrer Markscheidenentwicklung. Er macht über vierzig solche embryologische Territorien namhaft, eine Zahl, die übrigens noch nicht definitiv ist. Alle diese kleinen Territorien werden dann in Gruppen zusammengefaßt. Es sind in dieser Beziehung, laut FLECHSIG's Angaben, zu unterscheiden:

1. Primärgebiete, welche noch vor erlangter Reife der Frucht sich ausbilden (System 1—8);

2. Intermediärgebiete, welche um die Zeit der Geburt sich ummarken (System 9—32); endlich

3. Terminalgebiete, welche in der Zeit zwischen erstem und viertem Monat des Extrauterinlebens zur Ausbildung kommen.

Bezüglich der relativen Entwicklung der Assoziations- und Projektionsgebiete der Gehirnrinde gibt es außerdem gewisse Unterschiede zwischen den beiden Gehirnhemisphären.

Diese Lehre hat FLECHSIG zu späteren Mitteilungen[1]) noch teils weiter entwickelt, teils ergänzt. An der Einteilung der Gehirnrinde in Projektionsfelder und Assoziationsfelder hält er entschieden fest. Das Vorkommen von Projektionsfasern an gewissen Stellen der Assoziationscentra tut seiner Lehre, wie FLECHSIG darlegt, keinerlei Abbruch. Denn es handelt sich dabei nicht um ein ausschließliches Vorkommen einer der beiden Faserarten, sondern um das Überwiegen der einen oder anderen. Von den vier Projektionscentren — Körperfühlsphäre, Geschmack, Sehen, Hören, Riechen —, welche auf Grund der Struktur der Gehirnrinde unterscheidbar sind, nimmt FLECHSIG an, daß die Körperfühlsphäre auf Kosten des hinteren Abschnittes der Stirnwindungen und eines Teiles des Gyrus supramarginalis erweitert werden soll. Außerdem nimmt er ein Projektionsfeld im Gyrus subangularis an. So kommt es zu einer Zweiteilung des hinteren Assoziationsfeldes: in ein parietales und temporales. Und in diesem Sinne ist FLECHSIG neuerdings geneigt, an seiner ursprünglichen Unterscheidung von vier Assoziationscentren (eines frontalen, parietalen, temporalen, insulären) festzuhalten.

In diesem Assoziationscentrum, besonders aber am parietalen und temporalen, ist die Unterscheidung einer früh ausgebildeten Randzone und einer später ausgebildeten Centralzone sehr deutlich. Die Randzonen grenzen an die Sinnescentren und stehen durch Fibrae arcuatae mit ihnen in Verbindung. Die Centralzonen der Assoziationscentra (namentlich der mittlere Teil des Gyrus angularis, die dritte Schläfenwindung, die vordere Hälfte der zweiten Stirnwindung) sind Knotenpunkte für die langen Assoziationssysteme; es sind Terminalgebiete, die

[1]) FLECHSIG, Über die Projektions- und Assoziationscentra des menschlichen Gehirns. XIII. Intern. Kongr. zu Paris.

für das menschliche Gehirn ganz besonders charakteristisch erscheinen. Ihre isolierte Erkrankung ist nie begleitet von sensiblen oder motorischen Ausfallserscheinungen. Wenn überhaupt von ihnen motorische Impulse ausgehen können, so nur in Gestalt von Fernwirkungen. Die Centralzonen der Assoziationsfelder stehen dabei mit vielen, zum Teil sogar mit allen Sinnessphären in Verbindung. Im Falle ihrer zweiseitigen Affektion beobachtet man Defekte des Intellektes, namentlich Störungen der Assoziationen. Die Centralgebiete haben also Bedeutung für die psychischen Tätigkeiten und für den Aufbau der psychischen Bilder, an welchem viele Sinnesqualitäten (Benennen des Gegenstandes, Lesen) beteiligt sind. Das bezieht sich vor allem auf das hintere Assoziationscentrum.

a) Kritisches zur Lehre von den Assoziationscentren.

Gegen die Lehre von den Assoziationscentren sind Angriffe von anatomischer, wie von physiologischer Seite nicht ausgeblieben.

Siemerling[1]) z. B. bemerkt, daß es auf Grund einer Untersuchung von Kinderhirnen nicht angeht, eine Einteilung der Gehirnrinde in Centren vorzunehmen.

Déjérine hat gegen Flechsig den Einwand erhoben, daß die vorderen Teile des Stirnlappens, die Parietal- und Occipitalwindungen, der Präcuneus und die Schläfenwindungen ausgedehnte Verbindungen mit dem Thalamus haben, und vom Schläfenlappen geht außerdem ein Faserzug ab, welcher in den äußeren Teil des Hirnschenkelfußes eintritt.

Ganz analoge Bedenken hat auch Vogt nach dieser Richtung hin erhoben.[2])

Laut den Angaben von Vogt vollzieht sich die Markbildung in den verschiedenen Regionen des Nervensystems bei den Tieren in derselben Weise, wie beim Menschen. Nach seinen Erfahrungen jedoch bilden die Centra mit späterer Faserentwicklung keine reinen Assozionscentra; denn sie enthalten auch Projektionsfasern. Vogt äußert sogar Bedenken gegenüber dem Prinzip, worauf Flechsig's Untersuchungen beruhen. Er hält es vor allem für unbewiesen, daß Systeme, die sich zu verschiedenen Zeiten entwickeln, auch funktionell verschieden sein müssen. Er hält es auch nicht für angemessen, aus anatomischen Dingen, die auf schwanken Füßen stehen, physiologische Ableitungen zu machen.[3])

Monakow, ein weiterer Gegner von Flechsig's Lehre, äußert sich in dem Sinn, daß man Sinnesvorstellungen nicht lokalisieren könne; denn diese Vorstellungen sind Komplexe von Eindrücken, von denen jeder seine Bahn und seine Centren hat. Man kann die verschiedenen Rindensphären nicht ansehen für Eingangspforten von Projektionen, die von den subkortikalen Sinnescentren herkommen.

Überhaupt lokalisierbar sind nach Monakow's Meinung nur Funktionen, die mit der Raumorientierung und den dazu gehörigen Bewegungen im Zusammenhang stehen. Alle übrigen Sinnesfunktionen dagegen bestehen

[1]) Siemerling, Berlin. klin. Wochenschr. 1898, Nr. 47.
[2]) O. Vogt, Zeitschr. f. Hypnotismus, 1897, Bd. 5, Heft 6.
[3]) O. Vogt, Zur Kritik der sog. entwicklungsgeschichtlich-anatomischen Methode. Refer. in Allg. Zeitschr. f. Psych. 1900, Bd. 57. — P. Flechsig's Assoziationslehre. Refer. in Neurolog. Centralbl. 1900, S. 331.

aus Komplexen einfacherer Erregungen. Die Funktionen, welche der ferneren qualitativen Differenzierung entsprechen und mit der Raumorientierung nichts zu tun haben, namentlich aber die psychischen Funktionen, können nicht in den dazu unterschiedenen Rindenregionen lokalisiert werden. Sie sind immerhin aber anatomisch verfolgbar; man muß nur die Faserzüge der verschiedenen Teile, welche sich zu komplizierten Leistungen verbinden, untersuchen.

Was speziell die Flechsig'schen Assoziationscentra betrifft, so bemerkt Monakow[1]), daß im unteren Scheitellappen in den Stirnwindungen, in der Insel und in der basalen Temporalregion die Zahl der Projektionsfasern ohne jeden Zweifel viel geringer ist, als die Zahl der Assoziationsfasern. Allein es übertrifft die Zahl der letzteren die der ersteren stets auch in den Windungen, die den Sitz der sensiblen und motorischen Centra bilden. Andererseits will Monakow aus Degenerationsbefunden eingesehen haben, daß jede Stelle der Gehirnrinde, selbst wenn sie von ganz geringer Ausdehnung ist, Projektionsfasern von zweierlei Art besitzt: centripetale und centrifugale. Beispielsweise soll der Gyrus angularis, ebenso wie der Gyrus supramarginalis nicht von der Vertretung im Stabkranze ausgeschlossen sein.

Den Satz Flechsig's, daß die sukzessive Myelinisierung einzig und allein durch die Funktion bestimmt werde, will Monakow nicht unterschreiben. Lokale Ursachen, wie z. B. die Zirkulationsverhältnisse, sollen auf die Ausbildung der Fasersysteme erheblichen Einfluß üben; auch sollen wesentliche individuelle Unterschiede hinsichtlich der sukzessiven Faserreizung vorkommen; in manchen Fällen sollen ferner die Assoziationsfasern früher ihre Ausbildung erlangen, als die Projektionsfasern, was auch Flechsig zugibt: und die Projektionsfasern, wo sie in den Intermediärgebieten oder in Terminalgebieten vorkommen, sollen eventuell später reifen, nachdem die Assoziationsfasern bereits Markscheiden erhalten haben, und dies verleihe dann der betreffenden Rindenregion den Charakter eines Assoziationscentrums.

Ist aber einmal die Methode der Markscheidenuntersuchung an sich nicht zuverlässig, dann glaubt Monakow an dem Bestehen von Assoziationsfeldern als sensible Centren im Gegensatz zu Projektionscentren Zweifel hegen zu sollen. Die Abgrenzung spezieller Assoziationscentra ist, so scheint es ihm, recht künstlich und willkürlich. Weil eine Faser später ihre Markscheide erhält, braucht sie deshalb psychisch zu funktionieren. Denn auch manche motorischen Funktionen treten sehr spät in Aktion, und die Bahnen, welche für die Geschlechtsfunktionen bestimmt sind, myelinisieren wahrscheinlich nicht vor Erreichung der Geschlechtsreife.

Auch an der besonderen Bedeutung des Stirnlappens für die psychischen Leistungen hegt Monakow Zweifel. Er bezeichnet als rein hypothetisch, was Flechsig von der Rolle des Stirnlappens und anderer Assoziationscentra sagt. So lehrreich und bemerkenswert Flechsig's Erhebungen über die sukzessive Myelinisierung der Nervencentra sonst sein mögen, so ist es Monakow's Meinung, daß die „ne suffisent pas à elles seules à démontrer l'éxistence de grands centres corticaux isolés

[1]) Monakow, Centres de projection et d'association. XIII. Congrès intern. de Médecine, Paris 29 Août 1900.

et bien délimités, de centres psychiques, qui seraient sans connexion directe avec les régions sous-corticales plus profondes de l'encéphale".

Weiterhin erklärt dann MONAKOW [1]), daß die Projektionsfasern in allen Windungen nur einen kleinen Bestandteil der Gesamtfasermasse ausmachen. Wenn man auch die Gesamtsumme der Rindenregionen, welche der Projektionsfasern entbehren, als Associationscentra bezeichnen darf im Gegensatz zu den diffus liegenden Projektionspunkten, so ist dennoch eine strenge Abgrenzung zwischen projektionsfaserarmen und -reichen Gegenden nicht durchführbar. Auch konnte er sich von Unterschieden der beiden Hemisphären in dieser Beziehung nicht unterscheiden. Mit Bezug auf die Intellektcentra hält es MONAKOW für richtiger, sich vorzustellen, daß die anatomischen Elemente, welche im Dienste psychischer Leistungen stehen, über die ganze Rinde zerstreut sind. Der FLECHSIG'schen Theorie endlich von der gleichzeitigen Ummarkung der Projektionsfasern gleicher Bestimmung tritt MONAKOW mit der Theorie von der architektonischen Einheit der Neuronkomplexe entgegen.

BIANCHI bekämpft durchweg FLECHSIG's Lehre von den Assoziationszonen. Das hintere Assoziationsfeld ist nach seiner Meinung ein Rindengebiet, welches in Wirklichkeit einzig und allein im Dienste der Sehfunktion stehe und zwar in allen ihren einfachen und komplizierten Formen. Ihre Lage sei bedingt durch die Entwicklungsweise der Sehfunktion zunächst als einfache Lichtperzeption mit dem Sitz an der Fissura calcarina im Cuneus und am Occipitalpol, später kompliziert durch Hinzutritt von Augenbewegungen, Entstehung von Objektbildern und abschließend mit der Erzeugung graphischer Sehzeichen der Objekte und ihrer Beziehungen in der Nähe der Vordergrenze des ganzen Gebietes.

BIANCHI hält es nicht für begründet, dieses Rindenfeld als anatomisches Substrat höherer, zur Assoziation verschiedener Bilder führender intellektueller Prozesse aufzufassen. Dieser Hypothese sei keine einzige der vorhandenen klinischen Beobachtungen günstig. Wenn zweiseitige Affektionen dieses Rindenfeldes außer Seelenblindheit mehr oder weniger ausgesprochenen Schwachsinn ergeben, so beruhe dies einfach auf dem erheblichen Verlust an Rinde als Ablagerungsstätte optischer Bilder der Außenwelt, es beruhe überhaupt auf dem Ausfall eines großen Teiles der Sinneselemente, die die Grundlage des Seelenlebens bilden.

Um andererseits — führt BIANCHI weiter aus — den Begriff besonderer Assoziationscentra aufzustellen, genügt es noch nicht, zu behaupten, daß die Erregung einer Sinnessphäre Halluzinationen auslöst, während die Erregung eines Assoziationscentrums geistige Verwirrtheit nach sich zieht. Man muß dieses Raisonnement durch anatomisch-pathologische Tatsachen stützen. Wir kennen aber bisher keine Tatsachen, die für die Richtigkeit eines solchen Raisonnements zeugen. Um diese Hypothese hinreichend zu würdigen, genügt es, wie BIANCHI bemerkt,[2]) sich der Fälle zu erinnern, wo nur optische oder akustische Halluzinationen die psychische Individualität tief schädigen, eine enorme psychische Verwirrtheit und selbst echten Irrsinn erzeugen können.

[1]) v. MONAKOW, Die Projektions- und Associationscentren. Intern. Kongreß zu Paris. Refer. in Wiener medizin. Wochenschr. 1900, Nr. 33.

[2]) BIANCHI, a. a. O., S. 6 u. 7.

Ungünstig der Flechsig'schen Hypothese fällt, wie Bianchi bemerkt, auch der histologische Befund aus, welcher keineswegs auf eine größere Kompliziertheit des Baues der Assoziationsgebiete gegenüber den Gebieten der Sinnesperzeptionen hinweist.

Gegen Flechsig's Darstellung macht Bianchi ferner geltend, daß ausgesprochener Schwachsinn sich gewöhnlich in Verbindung mit Worttaubheit ausbildet bei Affektionen der ersten Schläfenwindung, wo nach Flechsig teils Primärgebiete, teils Intermediärgebiete bestehen sollen. In diesem Fall ist also eine spezifische Funktion von höherer intellektueller Bedeutung in Flechsig's Primär- und Intermediärgebieten lokalisiert.

Zur motorischen Zone oder zur Körperfühlsphäre sich wendend, macht Bianchi die richtige Bemerkung, daß es sich hier um ein Gebiet handelt, welchem von den verschiedenen Sinnesregionen Nervenwellen zufließen behufs Verwirklichung des psychischen Reflexes, durch den wir in Beziehung zur Außenwelt treten. In dieser Hinsicht bildet die genannte Rindenzone ein Analogon der Vorderhörner des Rückenmarkes.

In dem Maße aber, wie wir in der Hierarchie der Nervenapparate von den spinalen zu den Gehirncentren aufsteigen, gewinnen die Reflexhandlungen immer mehr an Kompliziertheit, bis der Reflex schließlich zum psychischen Bewußtseinsphänomen höherer Ordnung wird.

Um diese Reflexe zu verwirklichen, muß die motorische Zone mit allen Gebieten der Gehirnrinde in Verbindung stehen. Aber in diesem Fall funktioniert die motorische Zone zugleich auch als Assoziationsgebiet und zwar in noch höherem Grade, als Flechsig's hinteres Assoziationscentrum, denn sie bedient sich der Produkte aller Sinnesgebiete, welche nach hinten und nach unten sich ausbreiten. Und doch myelinisiert sie ganz zuerst und steht in Flechsig's Schema unter Nr. 1.

Hier finden wir noch einen Teil der anatomischen Zone, bestimmt für die komplizierten Funktionen der Hand und für die Bewegungen beim Schreiben, sowie ein spezielles Sprachcentrum. Diese Centra erfüllen motorische Leistungen höchster Ordnung in der Hierarchie der motorischen Nervenapparate.

Sie müssen offenbar zahllose Assoziationsbahnen haben. Denn obwohl im wesentlichen motorischer Art, sind sie zugleich vollendeter Ausdruck höherer psychischer Leistungen. Sie funktionieren also zugleich auch als Assoziationsfelder und zwar als solche höherer Ordnung vermöge der Verbindungen, welche sie mit anderen Rindengebieten haben.

Auch ein Parallelismus zwischen Myelinisierung und sukzessiver Entfaltung der Gehirnfunktionen könne nicht nachgewiesen werden. So z. B. werden die Willkürbewegungen beim Gehen innerviert durch Zone Nr. 1, welche als erste sich entwickelt; und doch lernt das Kind viel später gehen, als Worte hören, welch letzteres durch Zone 7 und 23 geschieht. Da andererseits das motorische Sprachgebiet, welches der sensitiv-motorischen Projektionszone angehört, Produkte liefert, die wegen ihrer Kompliziertheit Resultat einer assoziativen Tätigkeit sein müssen, so steht es vom intellektuellen Standpunkte höher da, als Flechsig's hinteres Assoziationscentrum.

Es liege daher kein Grund vor, seine Einteilung der Gehirnrinde in Projektions- und Assoziationsfelder anzunehmen, zumal die ana-

tomischen Befunde nur in beschränktem Maße auf Psychologie und Psychopathologie anwendbar sind.

Auch bezüglich der Bedeutung des Stirnlappens weicht Bianchi von Flechsig's Auffassung in wesentlichen Punkten ab.

In ähnlicher Weise sind Déjérine, Siemerling, Sachs und mehrere andere gegen Flechsig's Lehre aufgetreten.

Ich kann hier aber unmöglich die Meinungen aller Gegner Flechsig's näher darlegen, es würde dies im wesentlichen nur zu Wiederholungen des schon bisher Gesagten führen.

b) Weitere Entwicklung der Lehre von den Assoziationscentren.

Hinwiederum haben sich mehrere Forscher zu Gunsten der Darstellungen Flechsig's geäußert, wenn auch mit manchem Vorbehalt.

Demoor[1]) z. B. experimentierte an Hunden behufs Nachprüfung der Flechsig'schen Befunde.

In vier Versuchsreihen zerstörte er zu diesem Zweck die Region des Sulcus cruciatus, den Occipitallappen, den Stirnlappen und den Temporoparietallappen. Die Läsion der Umgebung des Sulcus cruciatus und des Hinterhauptlappens lieferte ihm allbekannte Erscheinungen. Bei Läsionen des Temporoparietallappens beobachtete man die Besonderheit, daß der operierte Hund sich in gewohnter Umgebung ganz vernünftig benahm, in neuer Umgebung jedoch hilflos erschien, seine Eindrücke nicht hinreichend kombinierte und sich unentschlossen zeigte infolge von Störung des Assoziationsvermögens. Läsionen des Stirnlappens lieferten ein negatives Resultat. Er deutet dies jedoch zu Gunsten von Flechsig's Lehre, denn im Stirnlappen lokalisiert Flechsig die Centra für Individualität und Charakter, deren Ausbildung bei Hund und Mensch eine sehr ungleiche sein muß, weshalb die Zerstörung dieses Centrums beim Hunde, infolge seiner mangelhaften Ausbildung, keine besonderen Symptome auszulösen brauche. Demoor hält daher das parietale Centrum für wichtiger, als das frontale Centrum.

Barker[2]) äußert sich, die Darstellung Flechsig's ausführend, in dem Sinne, daß das große frontale Centrum hauptsächlich im Dienste subjektiver, sozusagen auf das „Ich“ gerichteter Assoziationen stehe. Das große hintere Centrum sammle und verarbeite vorzugsweise objektive, d. h. auf die Außenwelt gerichtete Assoziationen.

Wie Hitzig[3]) sich ausdrückt, ist Flechsig mit seinen Hypothesen viel zu weit gegangen; aber seine Arbeiten und Grundideen bedeuten ohne jeden Zweifel einen wesentlichen Fortschritt der Erkenntnisse von dem Bau und den Funktionen des Gehirns.

Schäffer[4]) hebt hervor, daß bei der progressiven Paralyse der Irren, einer Krankheit, welche unter Ausbildung von hochgradigem

---

[1]) Demoor, Les centres sensitifs-moteurs etc. Trav. du labor. de l'inst. Solvay, 1899, Nr. 3.

[2]) Barker, The sense-areas and association centres. The Journ. of nerv. and ment. dis. 1897, Nr. 6.

[3]) Hitzig, Die Projektions- und Assoziationscentren des menschlichen Gehirns. XII. Congr. intern. de Méd. Paris 1900.

[4]) Schäffer, Die Topographie der paralytischen Rindendegeneration. Neurolog. Centralbl. 1902, Nr. 2.

Schwachsinn verläuft, der Degenerationsprozeß in der Gehirnrinde hauptsächlich die Flechsig'schen Assoziationscentra betrifft.

Dr. Larionov[1]) macht ebenfalls zahlreiche klinische und anatomische Momente zu Gunsten des Bestehens der Assoziationscentra geltend. Er sucht die Flechsig'sche Lehre in gewissem Sinne noch weiter auszudehnen.

Die hinteren Assoziationscentra sollen nach seiner Ansicht im Dienste der niederen Bewußtseinstätigkeit stehen; sie bewirken die Assoziationen der konkreten Begriffe und Vorstellungen, sowie das Gedächtnis der Ton- und Schriftwortbilder für diese Begriffe.

Storch[2]) unterscheidet ein spezielles „stereopsychisches" Rindenfeld. Dieses Feld bewirke die Schaffung der Raumvorstellungen und stehe mit den verschiedenen sensiblen und motorischen Centren in Verbindung. Er stützt seine Darlegungen jedoch ganz und gar auf psychophysiologische Reflexionen.

Meinerseits muß ich hervorheben, daß alle Fragen, welche die Lokalisation der höheren psychischen Verrichtungen betreffen, nur auf experimentellem und klinischem Wege ihre Lösung finden können.

Es wird schon aus den bisherigen Darlegungen deutlich, daß außer den primären Perzeptionscentren (Sehen an der Innenfläche des Hinterhauptlappens, Hören in der ersten Schläfenwindung, Hautmuskelsensibilität in den Parietal- und Centralwindungen, Geruch im Gyrus pyriformis, Geschmack am hinteren Abschnitt des Operculum) noch spezielle sekundäre Perzeptionsgebiete bestehen, welche hinsichtlich ihrer funktionellen Bedeutung als Gebiete höherer Ordnung sich darstellen.

Wie schon früher bemerkt wurde, ist es für den vollen Seh-, Hör- oder Tastakt nicht genug, daß man das zu Sehende, zu Hörende oder zu Tastende perzipiert, sondern jede Perzeption muß noch in die Gestalt eines konkreten Abdruckes gekleidet werden, und dies ist nicht anders möglich, als durch Assoziation der einfachen Seh-, Hör- oder Tastperzeption mit den Perzeptionen von den Muskeln, welche das betreffende Sinnesorgan bedienen.

Zur Ablagerung dieser konkreten Abdrücke in der Nachbarschaft des perzipierenden Seh-, Hör- oder Tastcentrums dienen nur spezielle sekundäre Perzeptionsgebiete, wo jene Abdrücke festgehalten werden.

Solche Gebiete finden sich für das Sehen, wie schon früher ausgeführt wurde, an der Außenfläche des Hinterhauptlappens, für das Gehör in der zweiten und dritten äußeren Temporalwindung und in den basalen Schläfenwindungen, für das Tasten und Schmecken in den Centralwindungen. Für den Geruch haben wir außer einem primären Perzeptionsgebiet im Gyrus piriformis den vorigen ähnliche Sekundärgebiete im Ammonshorn und im Gyrus fornicatus.

Obgleich die Reize von den Objekten der Außenwelt die Gehirnrinde meist durch Vermittlung mehrerer Sinnesorgane erreichen, treten

---

[1]) Larionov, Über transkortikale sensible und motorische Aphasie. Obosrên. psychiatr. 1899, Nr. 8. — Über die Rindencentra des Gehörs. St. Petersburg 1898. — Anatomische und andere Grundlagen der Lehre von den Assoziationscentren. Voprossi nervno-psih. medic. 1893, Bd. I.

[2]) Storch, Einiges zur Funktion der langen Assoziationsneurone des Großhirns. Wien. med. Blätter 1902, Nr. 27.

die konkreten Abdrücke, welche in verschiedenen Rindencentren von einem und demselben Objekt gebildet werden, vermöge der vorhandenen Assoziationen in mehr oder weniger nahe Beziehungen zu einander. Dementsprechend führt die Belebung eines Abdruckes konsekutiv zum Erwachen aller mit ihm zunächst verbundener Abdrücke.

Der volle Abdruck einer Apfelsine ist schon ein zusammengesetztes psychisches Produkt, kombiniert aus dem Abdruck der gelben Farbe, der kugelförmigen Gestalt, der Größe, der rauhen Oberfläche, der Schnittfläche, des Härtegrades, des Geruches, des säuerlichen Geschmackes

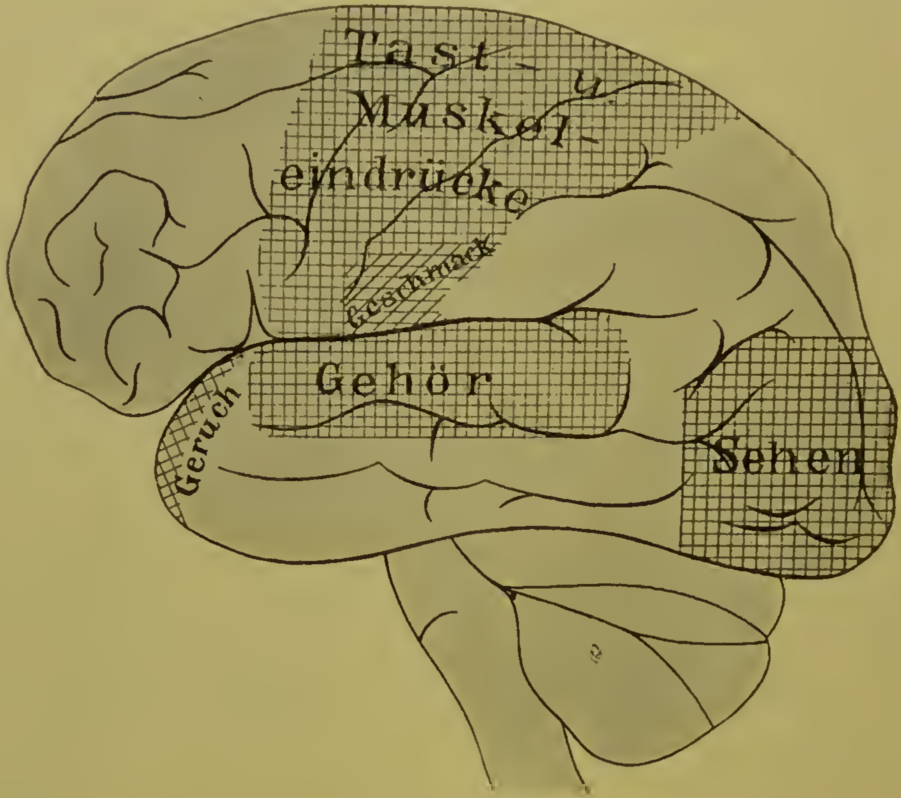


Fig. 432.
Gehirn des Menschen — Die sensitiv-motorischen Centra sind durch Strichelung hervorgehoben. Die weiß gelassenen Felder entsprechen dem Temporoparietal- und Präfrontalregionen, die im Dienste der höheren psychischen Funktionen stehen.

usw. Alle diese Abdrücke erwachen im Falle der Belebung eines derselben infolge der assoziativen Tätigkeit der verschiedenen Centra, welche diese Abdrücke in sich aufnehmen.

Wie also die primären und die entsprechenden sekundären Perzeptionscentra für Hören, Sehen und Tasten miteinander verbunden sind, so muß es auch assoziative Verknüpfungen geben zwischen den verschiedenen Rindencentren für sämtliche Perzeptionen.

Wenn wir nun die Lageanordnung dieser Centra näher betrachten, so erkennt man, daß diese Verbindungen vor allem durch die Parietalregion und die latero-basale Schläfenregion zu Stande kommen müssen. Dies findet in der Tat durch die anatomischen Befunde Bestätigung (Fig. 432).

Destruktionen jener Teile des Scheitel- und Schläfenlappens, welche nicht von primären Perzeptionscentren für Haut- und Muskelempfindungen okkupiert sind, können offenbar, je nach der Lage der Affektion, zur Folge haben entweder Nichterkennen vorher bekannter Außenreize, infolge von Zerstörung der Aufspeicherungscentra der Objektabdrücke, oder diese Läsionen bewirken eine hochgradige Störung der naturgemäßen Beziehungen zwischen den Objektabdrücken, und dies führt zur Verwirrung derselben, zur Desorientierung im Raume und zu mehr oder weniger auffallenden psychischen Störungen.

Schon früher gedacht wurde der experimentellen Befunde Luciani's, aus denen die große Bedeutung der Parietalregion für die psychischen Tätigkeiten sich ergibt. Späterhin beobachtete dann Demoor bei Tieren mit Abtragung der Parietalregion das Unvermögen sich zu orientieren und unter neuen Verhältnissen einen Entschluß zu fassen.

In meinen Versuchen beobachtete ich bei Hunden, denen der hintere Abschnitt der Parietalregion beiderseits zerstört wurde, hochgradig ausgesprochene Erscheinungen von Schwachsinn, was nicht der Fall war bei Tieren mit beiderseitiger Zerstörung der Sinnes- oder Bewegungscentra.

Nun gewinnen aber in den hier uns interessierenden Fragen die klinischen Erfahrungen eine besonders große Bedeutung, die den Wert der Ergebnisse von Tierexperimenten weit übertrifft.

c) Pathologische Erfahrungen.

Wir wissen nach klinischen Erfahrungen mit Sicherheit, daß die partielle Zerstörung der soeben genannten Rindengebiete zur Folge hat das Nichterkennen früher stattgehabter Eindrücke bezw. Ausfall der sog. primären und sekundären Identifikation im Sinne von Wernicke und infolgedessen mangelhafte Orientierung in der Umgebung mit Erscheinungen psychischer Verwirrtheit.

Manchmal trifft man auf eine Reihe solcher Störungen im Bereiche der verschiedenen Empfindungen, namentlich im Bereiche von Sehen, Hören und Tasten. Die Folge ist, daß solche Kranke den Begriff aller oder der meisten Objekte der Außenwelt verlieren. Man nannte diese Zustände früher mit Unrecht Apraxien; denn es ist dabei auch die Erinnerung vom Gebrauch der Objekte verloren gegangen. Manchmal wird der Zustand auch als Asymbolie bezeichnet, ein Ausdruck, der mehr für jene Fälle paßt, wo die Gegenstände nicht erkannt werden und der Gebrauch der Worte vergessen ist. Agnosie (Freud) ist nach meiner Ansicht der beste Ausdruck für die geschilderten Zustände.

Liepmann unterscheidet Objektagnosien und Symbolagnosien; zu diesen gehören die Erscheinungen der sensorischen Aphasie oder der Wortblindheit und Worttaubheit.[1])

Nach Freud hat Féré[2]) den zweiten Fall von Agnosie mitgeteilt, jedoch ohne Sektionsbefund. Der Kranke erkannte die Gegenstände und Personen der Umgebung nicht, er erkannte nicht einmal sich selbst im Spiegel, erkannte nicht die Form und Farbe der Gegenstände, er

---

[1]) Liepmann, Neurolog. Centralbl. 1908, Nr. 13 und 14.
[2]) Féré, Progrès méd. 1888, Nr. 10.

konnte nicht schreiben, wohl aber Worte abschreiben, sprach französisch, aber untermischt mit spanisch.

In dem von Déjérine mitgeteilten Fall konnte der Kranke lesen und ein wenig schreiben, er begriff aber nicht den Sinn des Gelesenen. Bei der Sektion fand man Sarkom beider Scheitellappen.

Zwei Fälle gut ausgesprochener Agnosie schilderte unlängst Liepmann.[1])

Es hat sich ferner herausgestellt, daß auch der Verlust der Vorstellung vom Gebrauche der Hand bei bestimmten Manipulationen mit Objekten, die dabei gleichwohl erkannt werden, ein Zustand, der als Apraxie bezeichnet wird, ebenfalls Folge ist der Erkrankung bestimmter Teile der Parietalregion. Zum Beweise dafür können die schon früher erwähnten Fälle von Liepmann[2]) und mir[3]) (Affektion des unteren Scheitelläppchens bezw. des Gyrus supramarginalis und der hinteren Centralwindung) genannt werden.

In diesen Fällen handelte es sich eigentlich um motorische Apraxie: hier sind die Bewegungen selbst gestört und dabei wird auch das Nachahmen unmöglich.

Man hat aber außer motorischer Apraxie, wie wir sahen, noch zu unterscheiden Zustände sog. psychischer Apraxie. Hierbei ist das Nachahmen möglich, aber es sind die komplizierten Bewegungen gestört, da das Ziel des Handelns verloren gegangen ist.

Diese Fälle beruhen bereits auf Unterbrechung der Leitungsbahnen, welche die verschiedenen Sinnescentra mit den Centren der Bewegungsvorstellungen des Armes verbinden. Dies hängt wiederum meist von Affektionen der Parietalregion der Gehirnrinde ab.

Man beobachtet ferner in manchen Fällen bei Tumoren der Rinde der hinteren Hemisphärenpartien Erscheinungen von Verwirrtheit, die an analoge Erscheinungen bei der als akutes halluzinatorisches Irresein oder als halluzinatorische Verwirrtheit bekannten Psychose erinnern.

Es gehören hierher die Fälle von Wallenberg[4]) und Haupner und Fragstein.[5]) Man darf daraufhin annehmen, daß auch die Veränderungen bei der erwähnten Psychose, wie Erbslöh mit Recht bemerkt, in den hinteren Rindenregionen lokalisiert sein möchten.

In der Tat fand Dr. Wyrubow[6]) in einem Fall von polyneuritischer Psychose mit Erscheinungen von Verwirrtheit, hochgradiger Gedächtnisschwäche, Desorientierung im Raume und falschen Erinnerungen prägnante Zellveränderungen, die hauptsächlich in den Parietalregionen der Hemisphäre lokalisiert waren.

In dem von Erbslöh[7]) beschriebenen Fall bestand eine Herdaffektion des linken Occipitallappens, kombiniert mit halluzinatorischer Verwirrtheit. Es handelte sich bei dieser Psychose um einen Zustand, als wenn

[1]) Liepmann, Centralbl. f. Nervenheilk. 1902, S. 620.

[2]) Liepmann, Das Krankheitsbild der Apraxie, 1900.

[3]) Bechterew, Monatsschr. f. Psych. 1906.

[4]) Wallenberg, Zwei Fälle von Tumor der hinteren Schädelgrube. Arch. f. Psych., Bd. 21.

[5]) Haupner und v. Fragstein, Berl. klin. Woch. 1897, Nr. 2.

[6]) Wyrubow, Obosrên. psihiatr. 1900.

[7]) Erbslöh, Über einen Fall von Occipitaltumor. Monatsschr. f. Psych. 1902, Nr. 31.

der Kranke sich in seinen Halluzinationen nicht zurechtfinden konnte, wie dies bei Delirium tremens und manchmal bei Epilepsie (Pick) vorkommt. Nur in zwei Punkten wich der Zustand von obiger Psychose ab: 1. durch die geringe Zahl der Gehörshalluzinationen und 2. durch das Fehlen von Veränderungen der Stimmung.

Der Kranke in diesem Fall war — und diese auffallende Erscheinung bestand dauernd seit Beginn der Erkrankung — unfähig, in seinem Gedächtnis neue Vorstellungen selbst einfachster Art festzuhalten, wie Gegenstände und Worte, gleichgültig, ob diese Objekte durch den Gehörssinn, den Gesichtssinn oder durch das stereognostische Gefühl dem Kranken zum Bewußtsein kamen. Später besserte sich das Erinnerungsvermögen ein wenig, aber es blieb immerhin eine hochgradige Gedächtnisschwäche bestehen, denn der Kranke konnte eine ganze Anzahl von Vorstellungen nicht folgerichtig festhalten. Ferner bemerkte man bei dem Kranken „heterogene" Gedanken. Fragte man ihn nach seinem Aufenthaltsort, dann sagte er bei der Beschreibung desselben, daß dort auch Pferde sind, was natürlich nicht der Fall war. Sodann bestand eine deutliche Hemmung der Assoziation und eine Störung der Urteilskraft. Auch waren prägnante Trugerinnerungen bei dem Kranken vorhanden. Die Perzeption, also die einfache Wahrnehmung, erschien ungestört, die Apperzeption, d. h. das Erkennen stattgehabter Vorstellungen, war auf der Höhe der Psychose wesentlich alteriert (seinen Vater z. B. nannte er Kamerad). Auffallend war auch das Nichterkennen einzelner Gegenstände, das von Sehstörungen jedoch nicht abhing. Zugleich war der Kranke, infolge der bestehenden Apperzeptionsstörung, unfähig sich in der Umgebung zu orientieren. Im ganzen fiel im Bereiche der Apperzeption auf: 1. das illusorische Nichterkennen einzelner Gegenstände, 2. das Übersehen einzelner Bildteile, 3. das Verwechseln einzelner Vorstellungsreihen untereinander.

Alles dies bestand bei unversehrtem Erinnerungsvermögen, denn der Kranke las, schrieb und zeichnete aus dem Gedächtnis.

Bei der somatischen Prüfung fand sich rechtsseitige homonyme Hemianopsie und Parese des rechten unteren Astes des Facialis bei den mimischen Bewegungen. Vorhanden waren zugleich Anzeichen von Gehirndruck, Kopfschmerzen, Erbrechen, Pulsverlangsamung, später beschleunigter und irregulärer Puls, leichte Störungen des Körpergleichgewichts; nach und nach trat Reflexsteigerung ein und die Drucksymptome schwanden. In der Folge ging die Hemianopsie des linken Auges zurück bis auf einen geringen Defekt, sie trat aber später wieder von neuem auf.

Angenommen wurde in diesem Fall eine Affektion des Hinterhauptlappens in der Nähe der Opticusbahnen, die nicht zerstört sein sollten, sondern vorübergehend inaktiv.

Wegen der Analogie mit dem bekannten lehrreichen Fall von Lissauer wird ferner eine Faseraffektion des Corpus callosum auf der linken Seite in diesem Fall vermutet.

In dem von mir beobachteten Fall, den ich hier den vorerwähnten anreihe, handelte es sich beiderseitig um Erweichungsherde im Gebiete des Gyrus piriformis, des Gyrus hippocampi und der basalen Temporooccipitalwindungen samt dem anliegenden Markweiß des Schläfenlappens. In somatischer Beziehung hatte der Kranke weder Störungen der

Motilität, noch solche der Haut- und Muskelsensibilität; es fehlte auch Alteration des Hör-, Seh- und Schmeckvermögens, trotz der bilateralen Läsion gerade jener Rindengebiete, in welche manche Forscher das Geschmackscentrum verlegen. Leider ist eine genauere Prüfung des Riechvermögens bei diesem Kranken unterblieben, aber es lagen keine Angaben vor über Verlust dieser Sinnesqualität.

Von psychischen Erscheinungen zeigte der Kranke ursprünglich den Symptomenkomplex der polyneuritischen Psychose mit Anzeichen tiefer Herabsetzung des Gedächtnisses und des Denkvermögens, sowie Trugerinnerungen. Diese Diagnose war denn auch in der Anstalt, in der Pat. sich in diesem Stadium befand (Moskauer psychiatrische Klinik) gestellt worden.

Bei der Aufnahme des Kranken in meine Klinik fand man bei ihm eine tiefe Abschwächung des Gedächtnisses gegenüber allen frischen Eindrücken. Zugleich fiel auf der Verlust vieler früher stattgehabter Vorstellungen und das Bestehen eigentümlicher Gedächtnistäuschungen.

Im Zusammenhange damit ist ferner ein (aber früher zitierter) Fall von Bouchaud[1]) zu nennen. Es bestand in diesem Fall eine porencephalische Affektion an der Spitze des Schläfenlappens mit Beteiligung des Ammonshorns, des Gyrus hippocampi, eines Stückes des Gyrus fornicatus und des Lobulus lingualis. Man fand bei dem Kranken weder Störungen des Geschmacks und Geruchs, noch Störungen der allgemeinen, der Tast- und Muskelsensibilität. Dagegen bestanden deutliche psychische Störungen. Diese bestanden anfangs in einem Zustand melancholischer Depression mit psychischer Schwäche und hochgradig ausgesprochener Amnesie, Orientierungsunfähigkeit usw. Mit der Zeit besserte sich der Zustand des Kranken ein wenig, er behielt aber dauernd seine hochgradige Gedächtnisschwäche und konnte sich in der Umgebung nie gut orientieren.

Beiläufig bemerkt, war Epilepsie bei diesen, wie auch bei meinem Patienten, nicht vorhanden. Es liegt daher, trotz des häufigen Vorkommens von Affektionen des Ammonshorns bei der Epilepsie, kein hinreichender Grund vor, die Entstehung der Epilepsie auf eine Affektion des Ammonshorns zurückzuführen.

Aus den angeführten Fällen dürfte hervorgehen, daß auch die basalen Teile der Temporooccipitalregion, gleich den äußeren Parietooccipitalgebieten für die psychischen Leistungen von großem Wert sind.

Es fehlt andererseits nicht an Beispielen, wo Destruktionen, welche in den vorhin bezeichneten Rindengegenden lokalisiert waren, zu totaler Verwirrtheit der Vorstellungen und selbst zu vollständigem Verlust derselben führten, ein Zustand, der für tiefen Schwachsinn so charakteristisch ist. Ich kenne Fälle von totalem Idiotismus, wo beiderseits nur die Parietalregion ergriffen war, während nicht minder ausgedehnte Zerstörungen im Bereiche anderer perzeptorischer oder motorischer Rindengebiete wohl entsprechende Störungen der Perzeption und der Motilität, nicht aber eine auffallende Schwächung der Geisteskräfte hervorrufen.

Die Literatur nennt ferner eine ganze Reihe von Fällen mit Idiotismus, der durch Affektionen der Parietal- und der Occipitalregion

[1]) Bouchaud, Destruction du pole sphénoidal etc. Revue neurolog. 1902 Nr. 9.

bedingt war. So war es in den Fällen von Richardier[1]), Merzejewski[2]), Bourneville[3]), Ireland[4]) und anderen. Auch die Betrachtung der Gehirnserien des Museums meiner Klinik führte Larionov[5]) zu der Einsicht, daß bei manchen Idioten die Parietalregion hochgradig in der Entwicklung zurückbleibe, namentlich rechts, wobei es sich um Atrophie der Windungen und um Mikrogyrie handelt.

In einem meiner Fälle bestand sogar eine hochgradige Atrophie und Bildungshemmung des Parietallappens bei guter Entwicklung der Stirn- und Centralwindungen, wie dies beispielsweise auch in dem vorhin zitierten Fall von Merzejevski beobachtet wurde.

Auch Kočetkova[6]) beschreibt zwei Fälle von Idiotie mit Atrophie des Occipital- und Temporallappens rechts und des Parietallappens links.

Noch könnten zahlreiche andere analoge Fälle von Affektion der genannten Rindenregionen mit Ausbildung von Idiotismus angeführt werden, doch dürften schon die genannten Specimina hinreichend beweiskräftig sein.

Nach den mitgeteilten Befunden würde also die Parietooccipitalregion und zum Teil auch die Temporalregion, die von sensitiv-motorischen Centren frei sind, eine Stätte der sekundären Reflexion von Perzeptionsbildern darstellen. Sie sind in erster Linie bestimmt zur Bildung und Aufbewahrung konkreter Abdrücke und zur Assoziation dieser Abdrücke mit einander.

Dies bestimmt augenscheinlich auch die nahen Beziehungen der genannten Rindenpartien zum Gedächtnis und zur Reproduktionstätigkeit, welche in Fällen von Läsion dieser Rindenpartien stets in mehr oder weniger auffälliger Weise leidet. Affektionen daselbst im Kindesalter führen daher unweigerlich zur Idiotie, im erwachsenen Alter zur Entstehung von Schwachsinn mit tiefem Herabgehen des Gedächtnisses und Störungen des Raumorientierungsvermögens.

Der vorhin erwähnte Fall von Erbslöh kann nicht als Gegenbeweis gelten, denn es war hier das willkürliche Erinnerungsvermögen (wenn man den Kranken schreiben, lesen oder zeichnen ließ) erhalten, dagegen war die passive Reproduktion, das Erkennen der Umgebung tief zerstört.

Diese Sätze stimmen vollauf zu der Auffassung Wernicke's[7]), wonach alle Begriffe, welche auf Grund optischer, akustischer oder taktiler Bilder erwachen, in der Occipitotemporalregion lokalisiert sind, weshalb zweiseitige Affektionen dieser Rindenpartien zur Entstehung schwerer Schwachsinnzustände führen.

In bemerkenswerter Weise sind bestimmte Teile der betrachteten Rindenregion zur Aufbewahrung von Wortsymbolen in Gestalt optischer und akustischer Wortbilder bestimmt.

Es wurde früher bereits bemerkt, daß beim Menschen zuweilen

---

[1]) Richardier, Etude sur les scléroses encéphaliques etc. Paris 1885.
[2]) Merzejewski, Über einige Besonderheiten des Idiotengehirns, 1875.
[3]) Bourneville, Recherches cliniques et therapeutiques sur l'épilepsie, hystérie et l'idiotie, 1882, S. 36.
[4]) Ireland, Idiotismus und Stumpfsinn, 1880.
[5]) Larionov, Anatomische und andere Grundlagen der Lehre von den Assoziationscentren des Gehirns. Voprossi nervno-psihič. medic. 1903, Bd. 1.
[6]) Kočetkova, Archiv f. Psych. 1901.
[7]) Wernicke, Der aphasische Symptomenkomplex 1874.

Erscheinungen sog. Alexie auftreten, sich äußernd in dem Verlust der Wortschriftbilder. Die betreffenden Kranken können sprechen, schreiben und verstehen, was man ihnen sagt, sind aber unfähig, zu lesen, wenn sie auch einzelne gedruckte Worte abschreiben können.

In ähnlichen Fällen erfassen die Kranken manchmal den Sinn des zu lesenden Textes mittels des Tastsinnes und des Muskelgefühls, indem sie die Buchstaben mit den Fingern betasten, wie dies der Blinde tut.

Charcot ist auf Grund einer ganzen Reihe klinischer Beobachtungen zu dem Satze gelangt, daß diese merkwürdige Störung von einer Affektion des linken Gyrus angularis herrühren muß.

Man hat zwar mancherlei Bedenken gegen diesen Satz geäußert und Einige betrachten die Alexie als Resultat einer Störung des Zusammenhanges zwischen Seh- und Wortcentrum der linken Hemisphäre, aber aus den klinischen Befunden geht mit Sicherheit hervor, daß die Alexie, also das Unvermögen zu lesen und demnach Wortbilder auf Grund der Schriftzeichen zu reproduzieren, bei Affektionen des Gyrus angularis der linken Seite eine ziemlich gewöhnliche Erscheinung ist.

Wir haben vorhin auch gesehen, daß in der linken Hemisphäre besondere Rindengebiete mit der Funktion der Aufbewahrung von Wortklangbildern betraut sind. Diese Gebiete finden sich im Schläfenlappen in der Nachbarschaft des Ton- und Wortcentrums der ersten Temporalwindung. Ihre Zerstörung bewirkt die Erscheinungen der sog. psychischen Tontaubheit oder Amusie und der psychischen Worttaubheit, wobei der Kranke Töne und Worte hört, aber ihren Sinn nicht versteht.

Diese Sprachstörung ist gewöhnlich verknüpft mit einer gewissen Abschwächung der Geisteskräfte. Auch dies deutet wohl auf besondere Beziehungen der betrachteten Rindenregion zu den höheren psychischen Leistungen.

Nach den Angaben von Hartmann, Gross und anderen kommt es bei Erkrankungen des Schläfenlappens sogar zu Orientierungsstörungen, und zwar deshalb, weil nicht nur der Perzeptionsakt, sondern auch die Festhaltung der Spuren der äußeren Eindrücke gestört ist.

Schon Wernicke hat in seiner bekannten Aphasiearbeit[1]) darauf hingewiesen, daß in unmittelbarer Nähe der ersten Schläfenwindung, und zwar nach außen von derselben, das allgemeine Centrum der akustischen Erinnerungsbilder bezw. Spuren, nicht aber der Sprachbilder zu suchen ist. Im Falle der Erkrankung dieses Centrums in beiden Hemisphären muß es zu tiefstem tierischen Schwachsinn kommen, wenngleich eine eigentliche Sprachstörung dabei nicht zu bestehen braucht.

In der Tat ist Schwachsinn bei Schläfenlappenerkrankungen in nicht wenigen Fällen bemerkt worden. Es gehören hierher Beobachtungen von Kahler und Pick, Flechsig, Lachs, Bastian u. A.

Die Literatur kennt auch eine Reihe von Fällen mit Tumor- und Abszeßbildung des Schläfenlappens und hochgradig ausgeprägten psychischen Symptomen, welche Fälle nicht auf Allgemeinwirkungen dieser pathologischen Prozesse zurückgeführt werden können. So war es in den Fällen von Maceven, Uckermann usw.

Es versteht sich von selbst, daß bei Erkrankungen des Schläfen-

---

[1]) Wernicke, Der aphasische Symptomenkomplex. 1874.

lappens mit Entwicklung von Worttaubheit in Betracht zu ziehen ist der Ausfall so wichtiger psychischer Funktionen, wie das Wortverständnis, das Vermögen der Belebung der Wortbilder und der Verlust bezw. die Erschwerung der schriftlichen Wiedergabe der Assoziationen.

Die Literatur ist aber reich an Beobachtungen über psychische Schwäche bei Schläfenlappenaffektionen ohne Sprachstörungen. Hierher gehört beispielsweise auch eine meiner Beobachtungen, wobei es sich handelte um einen ausgedehnten Erweichungsherd der vorderen und inneren Abschnitte beider Schläfenlappen; es waren keinerlei Sprachstörungen zu bemerken; es bestand aber tiefer Schwachsinn mit Verlust des Gedächtnisses, besonders für frische Ereignisse.

Dagegen in einem anderen (schon früher erwähnten Fall, wobei ein Abszeß durch das Tegmen tympani in den linken Schläfenlappen eingedrungen war, fand man bei dem Kranken nur amnestische Aphasie, doch waren merkliche Anzeichen von Schwachsinn nicht vorhanden.

Nach den von Kahler und Pick[1]) mitgeteilten Sektionsbefunden führen Affektionen des linken Schläfenlappens und namentlich der ersten und zweiten Schläfenwindung in der Regel zum Verlust des Wortgehörs und außerdem zur Entstehung von Schwachsinn; Affektionen beider Schläfenlappen sollen tiefen Schwachsinn hervorbringen.

Schwachsinn bei Erkrankungen des Schläfenlappens ist von mehreren Autoren (Kahler und Pick, Flechsig, Jackson, Bastian) notiert worden. Munk beobachtete Schwachsinn experimentell bei Zerstörung des mittleren Teiles der zweiten und dritten Schläfenwindung in Verbindung mit Seelentaubheit und Blindheit. Monakow ist geneigt, den Schwachsinn in diesen Fällen zurückzuführen auf Alterationen der allgemeinen Gehirnzirkulation, doch liegt zu dieser Annahme wohl ein hinreichender Grund nicht vor.

Man beobachtete ferner Zustände von Schläfrigkeit bei Patienten mit Tumoren und Abszessen des Temporallappens (Maceven, Hughlings Jackson), in anderen Fällen Erscheinungen von mehr oder weniger tiefgehender psychischer Depression (Uckermann), in noch anderen Fällen dagegen Erscheinungen mehr oder weniger auffallender psychischer Erregung.

Es war früher auch schon die Rede davon, daß die sogenannte amnestische Aphasie, die sich in dem Verlust des Wortgedächtnisses äußert, lokalisiert ist in den Windungen der äußeren und basalen Fläche des Schläfenlappens, wo diese nicht von den Gehör- und Wortcentren okkupiert sind.

Es bedarf nun sicherlich zu einer genaueren Begründung der psychischen Störungen, welche man bei ausgedehnten Affektionen des genannten psychosensiblen Rindengebietes beobachtet, noch einer Anzahl weiterer klinischer Beobachtungen und Erfahrungen. Man wird jedoch hier mit wenig begründeten Hypothesen nicht weit kommen. Ich meine damit unter anderem die Darlegungen Hollander's[2]), welcher sogar den Versuch macht, einzelne psychische Erkrankungsformen in der genannten Rindenregion zu lokalisieren, in der Meinung, daß seine

---

[1]) Kahler und Pick, Beiträge zur Pathologie und pathol. Anatomie des Centralnervensystems. Prager Vierteljahrsschr., Bd. 141 und 142.

[2]) Hollander, The mental functions of the brain. London 1901.

Beobachtungen die GALL'schen Lokalisationen bestätigen. Auf Grund einer Sammlung von Literaturangaben lokalisiert er die Melancholie im Gyrus angularis und Gyrus supramarginalis, die Manie im mittleren Teil des Lobus temporo-sphenoidalis, den Verfolgungswahn im hinteren Teil der Schläfenwindungen. Selbstverständlich halten diese Äußerungen, sie mögen auf eine noch so reiche Quellenangabe zurückgreifen, selbst einer ganz oberflächlichen Kritik nicht stand; ich kann sie hier ohne weiteres übergehen, zumal verschiedene Teile der in Rede stehenden psycho-sensiblen Rindenregion, wie schon früher ausgeführt wurde, okkupiert sind von bestimmten Vorstellungscentren, was jeden Gedanken daran ausschließt, daß Affektion einzelner und zumal relativ beschränkter Stellen dieses Gebietes bestimmte Psychosen erzeugen sollten, welche eine ganze Reihe psychischer Symptome von bestimmtem gesetzmäßigem Verlauf darbieten.

2. Über die ungleiche Funktion der beiden Hemisphären des Vorderhirns.

Das dargelegte Verhalten des Sprechcentrums führt uns zu der Frage nach der ungleichen Funktion beider Hemisphären.

Diese Frage hat besondere Bedeutung für jene Rindengebiete, welche in nächster Beziehung zu den höheren psychischen Verrichtungen stehen. Denn hinsichtlich der sensiblen und motorischen Leistungen kann nur von einer ungleichmäßigen Funktion beider Hemisphären die Rede sein.

Allgemein bekannt ist, daß bei der Mehrzahl der Menschen die Kraft der rechten Extremitäten diejenige der linken Seite übertrifft, was auf ein Überwiegen der motorischen Centra der rechten Hemisphäre hinweist. Was die Sensibilität betrifft, so bestehen hierin offenbar umgekehrte Verhältnisse, d. h. es überwiegen die Centra der rechten Seite über die der linken. Zum mindesten ist die rechte Hemisphäre nach EXNER's Angaben sensibler, während in der linken Hemisphäre mehr die motorischen Leistungen sich konzentrieren; latente Affektionen sollen daher rechts häufiger vorkommen, als links.

Alles dies gilt selbstverständlich für Rechtshänder; Linkshänder, deren Häufigkeit 20 % beträgt, weisen ein entgegengesetztes Verhalten auf.

Während es sich aber im Punkte der Sensibilität und Motilität bloß um eine quantitative Ungleichmäßigkeit der Funktion der Hemisphären handelt, sollen hinsichtlich der Rindengebiete, welche mit den höheren psychischen Leistungen zusammenhängen, sogar qualitative funktionelle Differenzen möglich sein.

JACKSON, ROSS, GOWERS[1]) und einige Andere sind der Meinung, daß die rechte Gehirnhemisphäre niedere Leistungen erfüllt, indem hier vorzugsweise psychische Affekte zu Stande kommen sollen. Man hat sich zur Stütze dieses Satzes darauf berufen, daß Affektionen der linken Hemisphäre samt dem BROCA'schen Centrum die Affektsprache noch nicht vernichten. Manche verlegen in die rechte Hemisphäre sogar ein spezielles Centrum für Allgemeingefühle und Emotionen.

[1]) GOWERS, Lectures on the diagnosis of the brain. 1885. S. 126.

Nach WERNICKE's[1]) Auffassung hinwiederum hängt das Erkennen der Objekte von der Tätigkeit der rechten Hemisphäre ab; die Wortvorstellung der Objekte dagegen sei abhängig von der linken Hemisphäre.

Nach der Meinung LARIONOV's[2]) bestimmt die linke Gehirnhemisphäre (mit Ausnahme der vorderen Stirnlappenpartie) bei Rechtshändern die niederen psychischen Tätigkeiten, nämlich das Sammeln der Außeneindrücke, das Wortgedächtnis (akustische, optische und andere Bilder, Schriftzeichen) und den motorischen Teil der Sprache und Schrift, den Musiksinn, die Stimme, kurz das Gedächtnis für sensible und motorische Vorstellungen. — In der hinteren Hälfte der rechten Hemisphäre befindet sich anscheinend ein höheres großes Assoziationscentrum. Dies beherrscht die Begriffe der Außendinge hinsichtlich ihres Wesens, ihrer Beziehungen und ihrer Eigenschaften (Farbe, Konturen, Form, Größe). Es ist das Centrum des Erkennens. — Darnach spielt also die rechte Hemisphäre eine größere Rolle für das Psychische, als die linke; denn Aphasiker sollen angeblich alles verstehen, nur sprechen sie nicht.

Erkrankungen des rechten parieto-temporalen Assoziationscentrums zerstören laut den Angaben dieses Autors die höheren Intellektäußerungen, während bei Affektionen des hinteren Assoziationscentrums der linken Seite das Wortgedächtnis und die Dingvorstellungen leiden sollen.

Übrigens handelt es sich in dem vorhin angeführten Fall um Patienten mit motorischer Aphasie, bei welchen die sogenannte geistige Sprache, also das Reproduzieren akustischer Wortbilder ganz erhalten ist. Der Verlust dieser Fähigkeit bei der sogenannten Worttaubheit führt notwendig zu größeren Denkdefekten und selbst zu Erscheinungen eines mehr oder weniger auffallenden Herabgehens der Geisteskräfte.

Immerhin darf man mit einiger Sicherheit annehmen, daß die linke psycho-sensible Sphäre, indem sie zur Aufbewahrung der Wortbilder bestimmt ist, das Erzeugen der eigentlichen konkreten Vorstellungen der rechten psycho-sensiblen Sphäre überläßt.

Schon die oben angeführten physiologischen Befunde lassen es sicher erscheinen, daß ein bestimmter Teil der psycho-sensorischen Sphäre durch Centrifugalfasern auch mit den subkortikalen Apparaten in Verbindung steht. Aus anatomischen Ermittelungen geht denn auch in der Tat hervor, daß diese Rindenregion, abgesehen von ihrem Reichtum an Assoziationsfasern, Leitungen an die tieferen Gehirnpartien abgibt, wenn auch in erheblich geringerer Anzahl, als die eigentlichen sensiblen Rindenzonen und namentlich die motorische Zone derselben.

Die Rolle centripetaler Verbindungen dieser Rindenregionen übernehmen anscheinend nur die Faserzüge zum Thalamus. Sie führen vielleicht die Impulse rindenwärts, welche die Grundlage der Allgemeingefühle bilden.

Es unterliegt übrigens wohl kaum einem Zweifel, daß unter den Thalamusbahnen außer centripetalen Leitungen auch centrifugale vorkommen. Ihre Bahn passieren die mannigfaltigen Ausdrucksbewegungen, welche durch Impulse vom Seh-, Hör-, Riech -und Schmeckapparat und auf andere Weise angeregt werden.

---

[1]) FREUND, Über optische Aphasie und Seelenblindheit. Arch. f. Psych. 1889. Bd 20.

[2]) LARIONOV, a. a. O., S. 54.

3. Die Bedeutung der präfrontalen Rindengebiete für die psychischen Funktionen.

a) Anatomische Verhältnisse.

Außer dem hinteren Abschnitt des Parietallappens, der Außenfläche des Occipitallappens und des laterobasalen Teiles des Temporallappens hat sicher auch die sog. Präfrontalregion wesentlichen Anteil an den psychischen Leistungen.

Diese Region umfaßt einen großen Teil der Stirnwindungen mit Ausnahme ihrer hinteren Abschnitte, sowie sämtliche Orbitalwindungen samt dem Gyrus rectus.

Man versteht also unter Präfrontalregion das Gesamtgebiet des Stirnlappens nach vorn von den sensitiv-motorischen Centren. Die anatomische Grenze derselben wird nach hinten hin gebildet durch die Kranznaht bezw. durch eine Linie, welche vom unteren Ende des Sulcus praecentralis senkrecht zum inneren Hemisphärenende verläuft.

Vor allem ergeben sich aus vergleichend-anatomischen Beziehungen Momente, welche auf eine hervorragende Bedeutung dieser Region für die psychischen Leistungen hinweisen.

Bekanntlich wachsen in der Tierreihe die Hemisphären im Maße der fortschreitenden Ausbildung der psychischen Funktion. Es ergibt sich aber bei den gyrencephalen Säugetieren außerdem die bemerkenswerte Tatsache, daß der Stirnlappen, bei den Nagern kaum angedeutet, allmählich in der Richtung der Primaten an Mächtigkeit gewinnt. Sein Umfang ist bei den niederen Affen noch gering, bei den Anthropoiden viel erheblicher. Immerhin erscheint der Stirnlappen der Anthropoiden noch wesentlich schwächer ausgebildet, als die entsprechende Region des menschlichen Gehirns.

Man braucht nur das Gehirn eines anthropoiden Affen mit einem menschlichen Gehirn zu vergleichen, um einzusehen, daß ersteres vor allem in der Ausbildung des Stirnlappens zurücksteht, welcher beim Menschen seine höchste Entfaltung erreicht.

Man kann im allgemeinen sagen, daß die Entwicklung des Stirnlappens in der aufsteigenden Tierreihe der fortschreitenden psychischen Entfaltung parallel geht.

Fehlend bei den Amphibien und Reptilien, rudimentär bei den Vögeln, nehmen die Stirnlappen in der aufsteigenden Reihe der Säugetiere progressiv an Masse zu, wobei es sich jedoch nicht nur um eine absolute, sondern auch um eine relative Zunahme der Dimensionen des Stirnlappens handelt.

Nach Meynert's Bestimmungen beträgt das relative Gewicht des Stirnlappens beim Bären im ganzen 300 g bei einem relativen Gewicht des Gehirnmantels von 644 g; beim Hunde wiegt der Stirnlappen bereits 328 g bei einem relativen Mantelgewicht von 628: bei den Affen beträgt das respektive Verhältnis 350 : 708, beim Menschen 420 : 780 g.

Man erkennt daraus, daß das relative Gewicht des Stirnlappens nur beim Menschen mehr als die Hälfte des relativen Gewichts des ganzen Gehirnmantels erreicht.

Der Stirnlappen des Menschen ist, wie gesagt, wesentlich besser entfaltet, als der Stirnlappen der Affen, welcher wiederum an Aus-

dehnung den entsprechenden Gehirnteil der Raubtiere übertrifft. Die Bedeutung dieser Tatsache wird noch klarer, wenn man hinzufügt, daß der Mensch bezüglich der Entfaltung des Scheitel- und Schläfenhinterhauptlappens weitaus nicht so auffallend bevorzugt ist, wie bezüglich des Stirnlappens.

Recht beachtenswert ist auch das anatomische Verhalten des Stirnlappens.

Von den Faserzügen, welche diesen Gehirnlappen mit den Kernen des Gehirnstammes verbinden, ist zunächst ein Zug zu erwähnen, welcher zu den Brückenganglien verläuft und somit den Stirnlappen mit dem Kleinhirn in Verbindung setzt. Ein anderer Faserzug begibt sich zum Thalamus als dessen vorderer Stiel. Diese beiden Züge kommen jedoch aus den hinteren Teilen der Stirnlappenrinde. Der vordere Abschnitt des Stirnlappens entbehrt der Projektionsfasern. Er besteht aus Assoziationsfasern, welche den Stirnlappen mit der Riechregion, mit den Parietal- und Centralwindungen, sowie mit dem Hinterhaupt- und Schläfenlappen in Verbindung setzen.

Alle diese Verhältnisse deuten in bestimmter Weise auf Beziehungen des Stirnlappens bezw. seiner als Präfrontalregion bekannten Teile zu den höheren psychischen Leistungen.

b) Literaturangaben, betreffend die Bedeutung der Präfrontalregion.

Was können wir nun aus den Ergebnissen des Tierexperimentes und aus klinischen Erfahrungen an Kranken mit Läsionen des Stirnlappens über die Bedeutung der Präfrontalregion für die psychischen Verrichtungen erschließen?

Bis in die neueste Zeit sind die physiologischen Kenntnisse über diese unzweifelhaft hochwichtige Rindenregion recht lückenhaft geblieben. An Versuchen, die Bedeutung der Präfrontalregion zu ermitteln, hat es nicht gefehlt, und selbst hervorragende Physiologen der Neuzeit haben sich mit dem Gegenstande beschäftigt. Aber die Ergebnisse der darauf abzielenden Forschungen fielen mehr negativ, als positiv aus oder stehen im offenbaren Widerspruch zu einander. Manche der diesen Punkt betreffenden Meinungsdifferenzen beruhen wohl darauf, daß die Grenzen der erzeugten Läsionen in verschiedenen Fällen ungleiche waren, da einige Forscher dabei sich der anatomischen Grenzen bedienten, andere dagegen mit dem faradischen Strom arbeiteten und am Stirnlappen alles abtrugen, was sich nach vorn von dem erregbaren Teil der Hemisphärenrinde befindet.

Über die Funktion des Stirnlappens bezw. der Präfrontalregion sind die Ansichten der Autoren noch recht verschieden.

Die Einen — Luciani und Seppilli, Munk und Groslik — betrachten den Stirnlappen als eine Rindenregion, welche zur Perzeption der Sensibilität und zur motorischen Innervation bestimmt ist.

Andere — Hitzig, Ferrier — suchen im Stirnlappen in erster Linie das Centrum der Verstandesleistungen.

Noch andere — Bianchi, Rossolymo — schreiben dem Stirnlappen alle diese Leistungen zusammen zu.

Goltz dagegen betrachtet das Stirnhirn als eine Art Hemmungsapparat gegenüber den anderen Rindenregionen.

Flechsig[1]) endlich verlegt neuerdings in die Stirnlappenrinde Centra für die willkürlichen Leistungen und für die Gefühle.

Gestützt auf Experimente an Hunden hat Hitzig[2]) die Meinung geäußert, daß die Stirnlappenrinde als Centrum der höheren psychischen Tätigkeiten funktioniert. Die elektrische Reizung des Stirnlappens bewirkte in seinen Versuchen gar keine Bewegungserscheinungen. Auch bei der Abtragung der Stirnlappen bemerkte man keinerlei Störungen seitens der sensitiv-motorischen Sphäre, wohl aber war konstant ein Zustand von Idiotismus bei solchen Tieren zu beobachten. In einigen Fällen sah Hitzig nach einseitiger Abtragung des Stirnlappens — Parese der kontralateralen Körperhälfte und Sehstörungen auftreten; er bezieht diese Erscheinungen jedoch nicht auf den eigentlichen Stirnlappen, sondern auf Mitbeschädigung von Nachbarrindenteilen, nämlich des Gyrus sigmoideus. Das Herabgehen des Intellektes wäre also nach Hitzig's Meinung die wesentlichste Folgeerscheinung der Abtragung des Stirnlappens.

Ferrier experimentierte an Hunden, Katzen und Affen, wobei er besonders intelligente Exemplare zu seinen Versuchen auserwählte. Seinen Befunden nach hat der Stirnlappen keinerlei Beziehungen zu der Motilität und Sensibilität. Denn die Reizung der Stirnlappenoberfläche bezw. die Reizung der Rinde der eigentlichen Präfrontalregion fiel ihm negativ aus, und die Abtragung der Präfrontalregion hinterläßt keinerlei Störungen der Motilität, sondern führt zu Störungen der psychischen Sphäre, sich äußernd in einer Abschwächung der Aufmerksamkeit und in bestimmten Veränderungen des Charakters der operierten Tiere.

Ein in der angegebenen Weise operierter Affe, bemerkt Ferrier gelegentlich der Schilderung der Folgeerscheinungen des Eingriffes, könnte nach der Operation auf einen Beobachter, der das Tier vorher nicht gekannt, den Eindruck eines Affen von mittlerer Verstandesentwicklung machen. In Wirklichkeit aber ist eine wesentliche Veränderung in intellektueller Beziehung eingetreten. Anstatt sich wie früher lebhaft für alle Vorgänge der Umgebung zu interessieren und sie mit Neugier zu verfolgen, bleibt das Tier schlaff, apathisch und schläfrig; es reagiert nur auf empfindliche und plötzliche Eindrücke und verläßt den Zustand der Apathie nur, um sinnlos hin und her zu irren. Der Affe hat nicht ganz den Verstand verloren, wohl aber sein Beobachtungsvermögen und seine Aufmerksamkeit.

Munk[3]) vertritt eine ganz andere Auffassung der Funktion des Stirnlappens. Er bestreitet, wie schon früher bemerkt, das Vorhandensein einer besonderen Lokalisation für die intellektuellen Leistungen. Der Intellekt ist im Resultat der Tätigkeit der gesamten Gehirnrinde; er entsteht überall in der Gehirnrinde und nirgends im besonderen: denn alle Sinnesperzeptionen sind mehr oder weniger an der Entstehung der Geistesprodukte beteiligt. Daher bewirkt jede Läsion der Gehirnrinde Störungen des Intellektes in dem Maße, als das exstirpierte Rindengebiet für die Sinnesperzeption eine Rolle spielt.

---

[1]) Flechsig, Intern. Psycholog. Kongreß zu Rom 1905.
[2]) Hitzig, Arch. f. Psych. 1884, Bd. 15.
[3]) Munk, Berlin. Akad. d. Wiss. 1882. — Über die Funktionen der Großhirnrinde 1881.

Die Stirnlappenrinde ist, wie MUNK aus Spezialversuchen erschlossen zu haben glaubt, nichts anderes, als eine Fortsetzung der sensitiv-motorischen Zone des Gyrus sigmoideus bezw. der Centralwindungen und stellt das kortikale Centrum für den Rumpf dar.

Sind bei einem Tiere beide Stirnlappen exstirpiert, dann fehlen nach MUNK's Angabe jegliche Störungen der Motilität und Sensibilität von Seiten der Extremitäten; dafür aber sind Störungen der Motilität und Sensibilität am Rumpfe vorhanden.

Solche Tiere sind unfähig, den Rumpf zu krümmen und können deshalb ein Brotstück, das man von der Schnauze zum Schwanze hin bewegt, nicht ergreifen. Das stehende Tier zeigt eine katzenbuckelförmige Haltung, die Hinterbeine dabei ein wenig nach vorn gerückt.

Hat man den Stirnlappen nur auf einer Seite abgelöst, dann finden sich Veränderungen der kontralateralen Rumpfhälfte. Das Tier zeigt die Neigung, sich bei seinen Bewegungen nach der operierten Seite zu drehen, es kann den Rumpf auf keine Weise nach der entgegengesetzten Seite kehren. Es macht ferner hin und wieder Kreise nach der entgegengesetzten Seite. Die kontralaterale Rumpfhälfte erscheint anästhetisch. Im allgemeinen haben diese Erscheinungen nach MUNK's Angaben eine längere Dauer.

Diese Motilitätsstörungen seitens des Rumpfes, gleichwie die Störungen bei kortikalen Affektionen der Extremitäten führt MUNK auf Störungen der Sensibilität zurück, speziell auf Verlust des Berührungsgefühls, des Muskelsinnes und der entsprechenden motorischen Vorstellungen.

Er betrachtet daher den Stirnlappen als Centrum der Rumpfsensibilität.

MUNK's Schilderungen der Folgeerscheinungen der Stirnlappenexstirpation ist nun aber von anderer Seite, so von HITZIG und FERRIER, nicht bestätigt gefunden worden und hat sogar Anlaß zu lebhaften Angriffen dieserseits gegeben.

Dagegen haben die Experimente von LUCIANI und SEPPILLI [1]) die MUNK'schen Befunde im allgemeinen bestätigt. Diese Autoren fanden im Falle einseitiger Abtragung des Stirnlappens ebenfalls Muskelparese der kontralateralen Rumpfseite und Herabsetzung sämtlicher sensibler Qualitäten auf der entgegengesetzten Seite. Nach ihren Beobachtungen jedoch sind diese Erscheinungen nur in der ersten Zeit nach der Gehirnoperation auffallend; mit der Zeit lassen sie allmählich nach und nach Verlauf eines Monats bleiben nur Spuren davon zurück.

In gewisser Übereinstimmung mit MUNK's Ergebnissen stehen auch die Befunde von GROSLIK. [2]) Er experimentierte an Hunden und entfernte den Stirnlappen bald einseitig, bald doppelseitig. Im ersten Fall beobachtete man bei den Versuchstieren auf der dem Eingriff entgegengesetzten Seite Herabsetzung der Tast-, Schmerz- und Muskelsensibilität und zugleich Parese der kontralateralen Extremitäten, wobei die homonymen Extremitäten bei den Willkürbewegungen stärker funktionierten, als die kontralateralen Extremitäten. Es bestand außerdem herabgesetzte

[1]) LUCIANI und SEPPILLI, Die Funktionslokalisation auf der Großhirnrinde. Leipzig 1880.

[2]) GROSLIK, Arch. f. Anatomie und Physiologie 1895.

Sensibilität auf der kontralateralen Seite des Nackens und Rumpfes und Parese der Muskeln, welche den Kopf und die vordere Rumpfpartie nach der entgegengesetzten Seite drehen. Aber alle diese Sensibilitäts- und Motilitätsstörungen verschwinden viel schneller, als die analogen Störungen im Falle von Läsionen der motorischen Sphäre. Die operierten Tiere zeigen dabei keinerlei Veränderungen des Seh- und Hörvermögens, noch auch des Intellektes und Charakters, welche Veränderungen auch ausblieben, wenn den Tieren der Stirnlappen beiderseitig genommen wurde. In diesem Fall bestanden bei den Versuchstieren im wesentlichen die gleichen Alterationen der Sensibilität und Motilität, wie bei einseitiger Stirnlappenexstirpation, nur hatten sie alsdann bilateralen Charakter. Auch bei doppelseitiger Abtragung des Stirnlappens ließen die sensiblen und motorischen Erscheinungen mit der Zeit nach und verschwanden zuletzt ganz.

Im ganzen kommt also Groslik mit seinen experimentellen Befunden den Ergebnissen Munk's ziemlich nahe; jedoch faßt er mit Rücksicht auf seine Ermittelungen den Stirnlappen als Centrum des Nackens und Rumpfes auf.

Goltz[1]) betrachtet die psychische Tätigkeit bekanntlich als Leistung des ganzen Gehirns. Er schreibt also dem Stirnlappen nicht, wie Munk dies tut, besondere Bedeutung für die Verstandestätigkeit zu. Goltz beobachtete nach Abtragung des Stirnlappens nur Störungen der Sensibilität auf der kontralateralen Seite und Blindheit des kontralateralen Auges, aber keinerlei Erscheinungen von Muskellähmung waren im Rumpfgebiet zu finden.

Nach Abtragung großer symmetrischer Stücke der vorderen Hemisphärenhälfte beobachtete Goltz[2]) bei seinen Versuchstieren folgende Erscheinungen.

Der Hund verhält sich fortwährend abnorm unruhig; er wandert im Zimmer unaufhörlich, bis zu äußerster Ermüdung. Die Gliedmaßenbewegungen zeigen eine auffallende Ungeschicklichkeit. Einen Knochen z. B. kann der Hund nicht mit den Pfoten festhalten; er steht unsicher auf den Beinen; er gleitet auf dem Boden leicht aus, kann weder laufen noch springen, frißt mühsam, kann die Pfote nicht reichen und magert, trotz reichlicher Nahrung, rapid ab. Die Sensibilität ist anscheinend erhalten.

Goltz kommt auf Grund dieses Versuches zu dem Schluß, daß tiefe Läsionen der vorderen Hälfte beider Großhirnhemisphären zu schweren und andauernden Motilitätsstörungen führen.

Es braucht hier kaum erwähnt zu werden, daß die von Goltz geschilderten Bewegungsstörungen im vorliegenden Fall mit einer Beschädigung des Gyrus sigmoideus zusammenhängen. Daß jedoch die Abtragung der vorderen Gehirnpartien eigentümliche Veränderungen des Charakters der Versuchstiere nach sich zieht, verdient volle Beachtung. Der Goltz'sche Hund war aufgeregt, unruhig, zornig, wie dies auch andere Forscher beobachteten (Luciani, Loeb).

Man kann im allgemeinen sagen, daß Zerstörungen der vorderen Gehirnlappen auffallende Veränderungen des Charakters bewirken. Gut-

---

[1]) Goltz, Pflügers Archiv 1884, Bd. 34.
[2]) Goltz, Pflügers Archiv, Bd. 42.

mütige Versuchstiere werden bösartig und zeigen Neigung zu pathologischen Affekten. Der Gemütszustand solcher Tiere ist höchst labil und veränderlich, sie sind leicht in Zorn und Wut zu versetzen. Daß es sich hier um ganz abnorme Erscheinungen handelt, zeigen die Beobachtungen am Goltz'schen Hunde, welcher, wenn man ihn reizte, seine eigene Pfote mit den Zähnen ergriff und hineinbiß.

Die bei den operierten Tieren hervorstehende Neigung zu Affekten (welche, wie wir sehen werden, auch beim Menschen in Fällen von erheblicher Affektion des Stirnlappens beobachtet wird) will Goltz darauf zurückführen, daß der Stirnlappen unter normalen Verhältnissen eine hemmende Wirkung auf die übrigen (sensitiven?) Rindenregionen ausübt; fällt diese Hemmung infolge von Abtragung des Stirnlappens fort, dann wird die Reaktion des Gehirns auf sensible Reize lebhafter und kann leicht in Affekt übergehen.

In Übereinstimmung mit Goltz unterstützen die Spezialuntersuchungen von Fano, Libertini[1]) und Oddi[2]) den Satz, daß der Stirnlappen einen Hemmungsapparat darstellt für Bewegungen und Reflexe, welche in tiefer gelegenen Centren sich vollziehen. Diese der ganzen Rinde allgemein zukommende Hemmungswirkung habe eine ungleichmäßige Verteilung: am meisten kommt sie dem Stirnlappen zu, am wenigsten dem Hinterhauptlappen, während die Parietotemporalregion diese Wirkung überhaupt nicht aufweist.

In Beziehung auf die Frage der kortikalen Hemmung weist Bianchi mit Recht darauf hin, daß jedes Organ und namentlich jeder Teil des Gehirnmantels zu verschiedenen Zeiten und unter verschiedenen Bedingungen Hemmungswirkungen ausüben bezw. erfahren kann. Jedes Mal, wenn ein Perzeptionscentrum durch Wirkung entsprechender Reize zu gesteigerter Tätigkeit kommt, wird es schon kraft seiner gesteigerten Tätigkeit zum Hemmungscentrum für andere Centren, welche zu ihm anatomisch in Beziehung stehen.

Der Stirnlappen, in welchem eine Synthese der Geistesprodukte stattfindet und die höheren geistigen Leistungen zu Stande kommen, kann natürlich in noch höherem Grade hemmend auf andere Rindenprovinzen wirken. Aber die Nerventätigkeit ist jedenfalls eine einheitliche und es gibt nirgends spezielle Hemmungsapparate, wie sie Munk, Duval, Luchsinger, Heidenhain annehmen; daher können die Erscheinungen der Hemmung nicht durch die Lokalisationslehre, wie dies von Oddi versucht wird, erklärt werden.

Bianchi[3]) beobachtete bei den von ihm operierten Hunden und Affen sowohl sensitiv-motorische, als auch psychische Störungen. Im Falle der Abtragung des Stirnlappens drehten sich seine Versuchstiere im Kreise; zugleich bestand Parese der kontralateralen Vorderpfote. Taktile Störungen waren nicht zu beobachten; nur bei einem Hunde fand sich Anästhesie der entgegengesetzten Seite und bei einem Affen Hyperästhesie des Gesichtes und Ohres ebenda. Sehstörungen bestanden in allen Fällen in Gestalt lateraler Hemianopsie der entgegengesetzten Seite, welche zwei bis drei Wochen anhielt. Was das Gehör betrifft,

---

[1]) E. Libertini, Arch. ital. de biol. 1895, Bd. 25. Fano, ibid.
[2]) Oddi, Atti della R. Accad. dei Lincei 1895, Bd. 292.
[3]) Bianchi, Brain 1895. Neurolog. Zentralbl. 1895, Nr. 15.

so fand sich nur in einem Falle Abschwächung des Hörvermögens auf der der Operation entgegengesetzten Seite.

Störungen der psychischen Tätigkeit traten in auffallender Weise nur nach zweiseitiger Abtragung des Stirnlappens auf. Die psychischen Störungen waren in diesem Fall im allgemeinen höchst lebhafter Art und äußerten sich als allgemeine Unruhe, Beweglichkeit, fortwährendes zielloses Umherirren, Fehlen des Beobachtungssinnes und der Neugier, Abschwächung des Geschlechtstriebes, Gleichgültigkeit gegen die Umgebung, erhöhte Erregbarkeit und Erschrecken bei jedem Geräusch und Erscheinen anderer Tiere. Aus allen in diesen Versuchen beobachteten Erscheinungen zieht Bianchi den allgemeinen Schluß, daß der Stirnlappen als Koordinationsapparat für die sensiblen und motorischen Produkte der übrigen Stirnrindencentra funktioniert.

Er meint ferner, daß die Flechsig'sche Lehre nach den Darlegungen von Monakow, Déjérine, Vogt und Siemerling nur mit gewissen Einschränkungen annehmbar sei.

Er glaubt auch, daß die ganze Gehirnrinde sich aktiv an dem Zustandekommen der psychischen Prozesse beteiligt, er hält es aber für möglich, daß dem Stirnlappen dabei die Hauptrolle zufällt, was indessen noch näherer Begründung bedürfe.

In einer anderen Arbeit, in welcher die Flechsig'sche Lehre von den Assoziationscentren besprochen wird, macht Bianchi bezüglich der Bedeutung des Stirnlappens folgende Bemerkungen:

Der Stirnlappen kann bei den Affen zerstört werden bis an die Präfrontalfurche, ohne daß irgendwelche Veränderungen der Sensibilität oder Motilität auftreten. Die Folge der Zerstörung des Stirnlappens sind psychische Störungen.

Nach Bianchi's Meinung bildet der Stirnlappen einen physiologischen Verbindungsapparat für alle sensiblen und motorischen Produkte anderer Rindengebiete, wo die verschiedenen sensiblen und motorischen Funktionen lokalisiert sind. Der Stirnlappen ist das Organ der bewußten und historischen Synthese der zwei Hauptfaktoren des psychischen Lebens, nämlich der somatischen (emotiven) und der repräsentativen (intellektuellen) Komponente desselben.

Es besteht bekanntlich ein assoziatives Verhältnis zwischen den verschiedenen sensiblen Tönen und Produkten, welche von den Perzeptionsgebieten und sensitiv-motorischen Centren erzeugt werden. Der Stirnlappen ist nun gerade die Rindengegend, wo die größte Zahl solcher Erinnerungsbilder vorkommt, deren bewußte Vorstellung die notwendige Vorbedingung für das Denken bildet.

Kurz, der psycho-synthetische Prozeß, welcher das Individuum über das reine Sinnesniveau erhebt, ist Hauptfunktion des Stirnlappens. Die klinische Erfahrung bezeugt, daß Affektion der Stirnrindenregion die reine Urteilskraft und die psychische Synthese höherer Ordnung untergräbt.

Unzweifelhaft führt die Abtragung des Stirnlappens ferner, ohne die Sensibilität und Motilität irgendwie zu beeinträchtigen, zur Unfähigkeit, die in dem großen Magazin der sensiblen und motorischen Bilder des Gehirnmantels aufgestapelten Reichtümer auszunutzen.

Auch das moralische Gefühl, durch Evolution aus dem egoistischen Gefühl hervorgegangen und sich im wesentlichen darstellend als physiologische Verbindung individueller Emotionen mit den Emotionen anderer

zur gleichen Gesellschaft gehöriger Individuen, soll nach der Meinung Bianchi's ebenfalls das Resultat der Tätigkeit des Stirnlappens bilden. So erkläre sich die Tatsache, daß bei Affektionen des Stirnlappens in den meisten Fällen hochgradige Veränderungen des Charakters in antisozialem Sinne auftreten; Affen werden nach Fortnahme des Stirnlappens ungeduldig, boshaft, indifferent gegen Menschen und Tiere, für die sie früher Anhänglichkeit zeigten. Es ist bemerkt worden, daß auch angeborene Verbrecher einen mangelhaft ausgebildeten Stirnlappen haben; in den Fällen, wo zufällig eine breite Stirn vorhanden war, fand man Erscheinungen von Hydrocephalus, Hemmung der Nahtverknöcherung usw.

Groß ist auch der Anteil des Stirnlappens an der Ausbildung des Bewußtseins. Er ist der Ort, wo alle Elemente der Persönlichkeit und ihrer äußeren Verbindungen zusammentreffen. Man findet daher bei mangelhafter Ausbildung oder bei Erkrankungen des Stirnlappens immer eine merkliche Spaltung des Ich und eine erhebliche Einschränkung des Bewußtseinsfeldes. Affen, denen man den Stirnlappen nimmt, behalten das Körperbewußtsein, sie haben aber nicht jene volle Bewußtseinsform, welche aus der Verbindung des organischen Bewußtseins mit dem Bewußtsein der Außenwelt hervorgeht.

Endlich fehlen alle psychischen Elemente der Lebensverhältnisse, der Liebe, Freundschaft, Anhänglichkeit, der Geselligkeit den operierten Tieren, wenn sie sich unter ihresgleichen befinden.

Die von einigen Autoren bezüglich des Stirnlappens vertretene Aufmerksamkeitstheorie greift Bianchi an. Er hält es für unzweifelhaft, daß Individuen mit geringer Ausbildung des Stirnlappens ein mäßiges Aufmerksamkeitsvermögen besitzen; statt dessen sind ihre sensitiv-motorischen Reflexe gesteigert. Auch die Abtragung des Stirnlappens im Experiment an Hunden und Affen bewirkt eine Herabsetzung der willkürlichen Aufmerksamkeit. Endlich zeigen Personen mit Traumen der Stirnlappenregion ein vermindertes Aufmerksamkeitsvermögen; sie sind unfähig eine größere Zahl psychischer Elemente im Bewußtseinsfelde zu vereinigen.

Aber die Aufmerksamkeit als Reflex ist eigentlich nicht eine Funktion, welche ausschließlich dem Stirnlappen zukommt. Sie entspringt vielmehr der Tätigkeit sämtlicher Sinnesgebiete der Hirnrinde. Nur die willkürliche Aufmerksamkeit ist gebunden an die synthetische Arbeit von Intellekt und Gefühl, welche die höchsten Zustände des Bewußtseins hervorbringen; daher ist sie stets herabgesetzt bei Menschen und Tieren mit Defekten des Stirnlappens.

Die Funktion des Stirnlappens beschränkt sich aber, wie Bianchi betont, nicht auf die willkürliche Aufmerksamkeit allein. Vielmehr ist dies nur ein Element in dem komplizierten Mechanismus der Tätigkeit des Stirnlappens.

Nach der Meinung Bianchi's ist der Stirnlappen nicht nur das Organ der physiologischen Verknüpfung der Perzeption zur Bildung von Begriffen, sondern zugleich Erinnerungsstätte und Vereinigungspunkt der konkreten Bilder zur Hervorbringung von Schlüssen und Urteilen, welche das Ich in verschiedenen Fällen unter veränderlichen Beziehungen zur Außenwelt zu schaffen bestimmt ist.

Der Stirnlappen ist Vereinigungspunkt der elementaren Empfindungen, welche jedem Individuum zukommen, und zugleich eine Stätte der Entstehung der höchsten Gefühle, welche den modernen zivilisierten Menschen charakterisieren.

Affen ohne Stirnlappen zeigen unter anderem eine Abschwächung oder gänzlichen Verlust des Gefühls der Mutterliebe, der Anhänglichkeit an ihre Pfleger. Auch bei Menschen mit gering ausgebildetem Stirnlappen findet man den Familiensinn herabgesetzt. Solche Menschen sind egoistisch und wenig befähigt zur Erfüllung sozialer Funktionen. Ihnen fehlt das altruistische Gefühl als Produkt der physiologischen Verbindung der persönlichen Emotionen mit jenem allgemeinen Gefühl, welches die ganze Menschheit umfaßt, die sozialen Beziehungen stützt und zum Handeln im Interesse der Gesamtheit drängt. Auch die Liebe, welche in den höheren Geistesäußerungen zu den kompliziertesten Erscheinungen gehört, geberdet sich nach Bianchi's Angaben bei Affen ohne Stirnlappen in schamlosen Formen und unnatürlichen Handlungen.

Alle diese Darlegungen Bianchi's und die tatsächlichen Grundlagen seiner Untersuchungen haben in der Literatur verschiedene Bedenken hervorgerufen.[1])

Zum Schluß dieser literarischen Übersicht darf noch erwähnt werden, daß Rossolymo[2]) beim Hunde nach Fortnahme des Stirnlappens sowohl sensitiv-motorische Störungen, als auch Alterationen der psychischen Funktionen bemerkt hat. Im Falle der Zerstörung beider Stirnlappen konstatierte dieser Autor einerseits Abschwächung des Muskelgefühls und Ataxie der Bewegungen, wobei anfänglich auch Erscheinungen von Seelenblindheit und Herabsetzung des Geruches bestanden, anderseits die Neigung, sich in dunklen Ecken zu verkriechen und ziellos umherzuirren, ferner Desorientierung im Raume, mangelhafte Überlegung, allgemeine Abnahme des Intellektes und starke Gedächtnisschwäche.

Marinesco[3]) äußert sich auf experimenteller Grundlage gegen den Munk'schen Satz, wonach die präfrontalen Windungen ein Centrum für die Rumpfmuskulatur enthalten sollen.

Nach den Darlegungen Larionov's verknüpft das vordere oder frontale Assoziationscentrum unsere inneren Körpergefühle, also den Inbegriff des Eigengefühls, der Bewegungsakte usw. mit den Dingvorstellungen. Daraus entsteht die sog. Ideation, komponieren sich die höchsten Begriffe von sich selbst, vom persönlichen Ich und seinen Eigenschaften, sowie von den Handlungen anderer Individuen, kurz alles das, was man ideelles abstraktes Denken nennt.

Man muß also vermuten, daß im vorderen Assoziationscentrum das Gedächtnis für Worte, welche abstrakte Begriffe ausdrücken, lokalisiert ist.

Larionov vermutet dabei eine feste Verbindung zwischen vorderem und hinterem Assoziationszentrum durch die Faserzüge des Fasciculus arcuatus und uncinatus, sowie durch den Fasciculus subcallosus.

---

[1]) Schamanina, Psycholog. Kongreß zu Rom 1905.
[2]) Rossolymo, Arhiv psihiatr. 1893.
[3]) Marinesco, Quelques questions de localisation cérébrale. Revue neurol. 1902, S. 1093.

In Übereinstimmung mit seinen früheren Darlegungen bekämpft Munk[1]) neuerdings die Ergebnisse der Untersuchungen von Ferrier, Goltz und Bianchi bezüglich der psychischen Wirkung der Exstirpation des präfrontalen und präoptischen Rindengebietes (Munk'sches Rumpfcentrum und Munk'sches parietales Augencentrum). Die Befunde bei der Abtragung des Stirnlappens bezüglich des Intellektes erklärt er teils durch ausgiebige Läsionen der Gehirnrinde, teils durch Shockwirkung, teils endlich durch entzündliche Prozesse. Bei antiseptischer Abtragung des Stirnlappens will Munk keine Abnahme des Intellektes beobachtet haben. Auch Veränderungen des Charakters waren dabei nicht vorhanden. Munk bestreitet ferner die Beweiskraft der Beobachtungen von Leonore Welt bezüglich der Charakterveränderungen, da in diesen Fällen außer dem Stirnlappen auch andere Gehirnpartien tief alteriert waren.

Munk kritisiert sodann die Flechsig'schen Untersuchungen und seine Unterscheidung von Sinnes- und Assoziationscentren. Nicht nur hat der Stirnlappen nach seiner Meinung keine Bedeutung für den Intellekt, sondern es gebe überhaupt in der Gehirnrinde keine speziellen Gebiete für höhere psychische Funktionen, wie es auch Rindengebiete ausschließlich für Sinnesfunktionen nicht gibt. Nach Munk's Meinung wird weder durch das Experiment, noch durch den pathologischen Befund bestätigt, daß neben den Sinnescentren oder zwischen ihnen Rindengebiete vorkommen, welche im Dienste höherer psychischer Leistungen stehen.

Munk ist ja überhaupt seit seinen ersten Untersuchungen über diesen Gegenstand nicht geneigt, spezielle Rindengebiete für die Leitungen der höheren psychischen Funktionen anzunehmen.

Die Rinde ist ihm ein Aggregat von Feldern, die für die verschiedenen Sinnesperzeptionen bestimmt sind: Sinnessphären. In den centralen Elementen jeder Sinnessphäre, welche direkt oder nahezu direkt mit den Projektionsbahnen zusammenhängt, vollziehen sich nach Munk's Annahme die spezifischen Empfindungen, Perzeptionen und Vorstellungen. Die Rindengebiete sind durch Assoziationsfasern mit anderen centralen Elementen verbunden, welche wieder über die ganze Rinde verteilt sind, da jede Funktion an bestimmte morphologische Formationen geknüpft ist.

Marinesco[2]) bekämpft auch in seiner neueren Mitteilung wiederum Munk's Darstellung des Stirnlappens als Sinnessphäre. Er beruft sich darauf, daß zum Stirnlappen überhaupt keinerlei sensible Leitungsbahnen sich begeben.

Franck's Versuche über den Stirnlappen dressierter Katzen und Affen haben gezeigt, daß unlängst erlernte Bewegungen verloren gehen nach Fortnahme des Stirnlappens, während früh erlernte Bewegungen bestehen bleiben. Es handelt sich hier offenbar um Verlust der Spuren, denn die eigentlichen Bewegungen (einfacher und komplizierter Art) gehen erst nach ausgedehnten Beschädigungen der motorischen Centra verloren, wenigstens bei den Affen.

[1]) H. Munk, Über die Ausdehnung der Sinnessphäre in der Großhirnrinde. Sitz.-Ber. d. Preuß. Akad. 1901.

[2]) Marinesco, Ref. im Jahresb. f. Neurol. und Psych. 1902.

c) Experimentelle Ergebnisse.

Wegen der bestehenden Meinungsverschiedenheiten über die physiologischen Funktionen der Präfrontalregion der Gehirnrinde habe ich mehrfach Experimente an Hunden über diesen Gegenstand ausgeführt. Ich beobachtete bei Läsionen der Präfrontalregion in allen Fällen Stumpfheit und Gleichgültigkeit der Versuchstiere und mehr oder weniger deutliche Abschwächung des Intellektes.

Manchmal war bei den operierten Versuchstieren eine hochgradige Veränderung des Charaktes zu bemerken; häufig wurden sie außerordentlich reizbar.

Ein von mir operierter Hund, dem ein Stirnlappen zerstört war, vorher zahm und gutmütig, erschien nun überaus bösartig, unfähig seinen Zorn zu beherrschen und gleichgültig gegen sein Futter. Drei kleine Kätzchen, zu welchen der Hund vor der Operation viel Zärtlichkeit und Anhänglichkeit zeigte, fielen in kurzer Zeit seiner Bosheit und Gier zum Opfer.

Im Falle unilateraler Läsionen waren alle Erscheinungen weniger lebhaft ausgesprochen. Störungen der Sensibilität waren bisweilen vorhanden, aber jedenfalls nicht konstant und immer von geringer Intensität.

Behufs eingehenderen Studiums der Störungen, welche bei Affektionen des Stirnlappens auftreten, ließ ich in meinem Laboratorium spezielle Versuchsserien nach dieser Richtung hin anstellen (Dr. Žukovskij).

Man experimentierte zu diesem Zweck an Hunden. Es wurde bald nur ein Stirnlappen, bald beide entfernt. Die Läsion betraf jene Rindenpartien, welche sich unmittelbar nach vorn vom Gyrus sigmoideus befinden.

Die beobachteten Folgeerscheinungen bestanden in folgendem:

In den ersten Tagen nach der Operation zeigten die Versuchstiere im Falle bilateraler Abtragung des Stirnlappens starke Depression. Sie verweigerten die Nahrungsaufnahme, verkrochen sich in eine Ecke und lagen unbeweglich da. Sie reagierten um diese Zeit nicht auf die Vorgänge der Umgebung, weder auf Licht, noch auf starke Gehörsreize: nur bei starken Schmerzreizen erhoben sie sich von ihrem Platz, verkrochen sich aber alsbald wieder in ihre Ecke.

Die operierten Hunde hatten ein wildes, finsteres Aussehen: struppig, blöder Blick, Schnauze und Schwanz gesenkt; zwei der Hunde zeigten große Reizbarkeit; wenn man sie aufnehmen wollte, knurrten sie und schnappten nach der Hand. Sämtliche operierten Hunde hatten in dieser Zeit Anzeichen veränderter Sensibilität; bei einem derselben fand sich Herabsetzung der Schmerzempfindlichkeit am ganzen Körper.

Bei allen operierten Tieren bemerkte man ferner einen leichten Paresezustand sämtlicher Extremitäten. Dies äußerte sich in schwankendem Gang und in der Unfähigkeit, bei Körperwendungen sich aufrecht zu erhalten.

Drei bis vier Tage nach vollzogener Operation begannen alle diese Erscheinungen rapid nachzulassen. Die Tiere fingen an Nahrung aufzunehmen, sie wurden mobiler, die Parese der Gliedmaßen ließ allmählich nach und verschwand nach Verlauf von zwei Wochen ganz. Auch die Alterationen der Sensibilität waren nicht von langer Dauer.

Die Hyperästhesie, welche bei einem der operierten Hunde vorhanden war, verschwand im Verlauf von zwei Wochen spurlos, die Sensibilität zeigte nunmehr keinerlei Störungen. Auch die bei einem der Hunde vorhanden gewesene lebhafte Herabsetzung der Sensibilität verging gänzlich und zwar schon zu Ende der dritten Woche; bei drei anderen Hunden hielt sich die Herabsetzung der Schmerzempfindlichkeit längere Zeit und war noch bis zum Eingehen der Tiere bemerkbar (der eine Hund lebte 2 Monate, der zweite $1\,^1/_2$ Monate, der dritte 1 Monat und 20 Tage). Die Abnahme der Schmerzempfindlichkeit betraf den ganzen Körper, war aber am lebhaftesten am Nacken, Halse und in der vorderen Rumpfregion ausgesprochen.

In den erwähnten drei Fällen, wo die Sensibilitätsstörungen einen anhaltenden Charakter darboten, war der Stirnlappen beiderseits total zerstört worden, in einem dieser Fälle unter Mitbeschädigung des vorderen Abschnittes des Gyrus sigmoideus.

Die Tastempfindlichkeit war bei den Versuchstieren ebenfalls herabgesetzt und zwar in demselben Maße, wie die Schmerzempfindlichkeit.

Die Sinnesorgane zeigten keine merklichen Veränderungen, abgegesehen von den Fällen, wo eine Läsion der Seh- oder Riechnerven vorlag.

Wie schon erwähnt, bestand bei allen operierten Hunden in der ersten Zeit nach dem Eingriff ein Zustand hochgradiger psychischer Hemmung, sich äußernd in Trägheit, Schläfrigkeit und Reaktionslosigkeit gegenüber den Vorgängen der Umgebung.

Zwei der operierten Hunde wurden außerdem hochgradig reizbar.

Alsbald ließen die Erscheinungen tiefer Depression allmählich nach und statt dessen trat ein allgemeiner Herabgang des Intellektes hervor. Alle Handlungen der Versuchstiere trugen, wie man bei aufmerksamer Beobachtung erkannte, den Stempel des Unbedachten und Ungeschickten. Reichte man dem Hunde z. B. ein in Papier gewickeltes Fleischstück, dann beroch er dasselbe, kam aber nicht darauf, wie das Papier zu entfernen, sondern verschluckte nach vielen vergeblichen Versuchen das Ganze, während ein gesunder Hund sich in solchen Fällen bald zurechtfindet.

In zwei Fällen wurde folgender Versuch ausgeführt. Ein ballenförmig zusammengeknittertes Papierstück bestrich man mit fettem Fleisch; als der Hund den Fleischgeruch wahrnahm, ergriff er sofort das Papier und verschluckte es. Mit gesunden Hunden gelang dieser Versuch nie, denn das Papierstück wird wohl gepackt, aber sofort der wahre Inhalt erkannt und fortgeschleudert.

Entzündete man vor den Augen des operierten Hundes ein Streichholz, dann zog er sich im ersten Augenblick ein wenig zurück, ging dann aber auf die Flamme los und beroch sie unter Gefahr, sich die Nase zu verbrennen.

Augenscheinlich reagierte das Tier anfangs psychoreflektorisch, es konnte aber das Gesehene nicht richtig einschätzen. Bedrohte man den Hund mit dem Stock, so sprang er im ersten Moment schnell zurück, näherte sich aber dann wieder dem Stock und beroch ihn, obwohl damit nach wie vor Drohbewegungen ausgeführt wurden. Der Hund erkennt also auch in diesem Fall den Gegenstand, er begreift aber nicht die von demselben ausgehende Gefahr.

Auch beim Fressen benahmen sich die operierten Hunde anders als gesunde.

Sie warfen sich gierig über das Futter her, ließen es aber sogleich stehen, um ziellos im Laboratorium auf- und abzulaufen, machten sich dann wieder über das Futter her usw.

War der stärkste Hunger befriedigt, was wohl auf Grund eines Psychoreflexes geschah, dann fehlte offenbar die Einsicht vom Ziel der Nahrung; erst ein neuer Impuls, den der Hunger anregte, treibt das Tier wieder zum Futter hin.

Merkwürdigerweise bedienten sich diese Hunde nie der Pfoten beim Fressen.

Auf den Ruf des Wärters achteten sie nicht, reagierten auch fast gar nicht auf Bitten oder Drohungen. Streichelte man den Hund, so äußerte er keine Freude darüber, stand unbeweglich da mit sinnlosem Blick, herabhängendem Schwanz und am ganzen Körper zitternd: diese Stellung behielt er auch bei, wenn man Drohungen oder Schläge anwendete.

Das Äußere der operierten Hunde machte im ganzen einen traurigen Eindruck. Sie magerten zeitweilig stark ab, waren apathisch, struppig, mit gesenktem Kopf und herabhängendem Schwanz. Zwei der operierten Hunde zeigten eine lebhafte Unruhe und hatten die Neigung, ziellos umherzuwandern.

Im Falle der einseitigen Abtragung des Stirnlappens bestanden ebenfalls Erscheinungen von Depression, aber weniger hochgradig, als im vorigen Fall. Sobald die Tiere sich aber von den ersten Folgen der Operation erholt hatten, wurden die psychischen Alterationen so undeutlich, daß sie bei der Prüfung nur schwer zu eruieren waren. In somatischen Beziehungen fanden sich in diesem Fall im allgemeinen die gleichen Erscheinungen, wie nach Zerstörung beider Stirnlappen, aber sie bestanden dann nur auf der dem Eingriff entgegengesetzten Seite. So z. B. zeigten die operierten Tiere Parese der kontralateralen Extremitäten und Herabsetzung der Sensibilität der ganzen gegenüberliegenden Körperhälfte, am lebhaftesten ausgesprochen in der Nacken-, Hals- und vorderen Rumpfregion. Diese beiden Erscheinungen ließen mit der Zeit allmählich nach und waren schon nach Verlauf eines Monates wenig auffallend. Eine Paralyse der Rumpfmuskulatur war nach diesem Gehirneingriff nicht eruierbar.

Mit Beziehung auf die Sphäre der Sensibilität muß jedoch bemerkt werden, daß nur in drei Fällen von bilateraler Zerstörung des Stirnlappens die Sensibilitätsabschwächung bis zum Eingehen der Tiere bestand; sie hatte im ganzen eine Dauer von nicht mehr als zwei Monaten. In einem der Fälle beobachtete man anstatt Verminderung der Sensibilität Erscheinungen von Hyperästhesie, welche aber gleichfalls mit der Zeit zurückgingen. In einem anderen Fall war die Anästhesie vorübergehend und kurzdauernd. Bei einseitiger Abtragung des Stirnlappens bestanden Sensibilitätsstörungen im allgemeinen nur kurze Zeit und gingen schon zu Ende des ersten Monats nach dem Eingriffe soweit zurück, daß sie nur äußerst wenig auffielen.

d) Beurteilung des Befundes.

Wie man aus dem Bisherigen ersieht, bilden psychische Alterationen eine der konstantesten und am meisten charakteristischen Folgeerscheinungen der bilateralen Zerstörung des Stirnlappens. Wenn diese Erscheinungen bei der einseitigen Beschädigung des Stirnlappens nicht so lebhaft hervortreten, so wird dies wohl durch vikariierende Tätigkeit des Stirnlappens der anderen Seite zu erklären sein.

Wenn wir von den psychischen Alterationen absehen, welche in der ersten Zeit nach der bilateralen Abtragung des Stirnlappens auftreten und höchstwahrscheinlich in dem lebhaften Gehirntrauma ihren Grund haben, so bestehen die in diesen Fällen zu beobachtenden psychischen Störungen gewöhnlich in einer mangelhaften Schätzung neuer äußerer Eindrücke, in unzulänglicher Orientierung, auffallender Reaktionslosigkeit der Tiere gegen Streicheln und Drohen, sowie in einzelnen Fällen in gesteigerter Reizbarkeit.

Worauf beruht nun die unzulängliche Schätzung der Außenreize und das fehlende Orientierungsvermögen?

Daß die Tiere hören, sehen und tasten, erkennt man leicht. Sie erkennen die äußeren Eindrücke; denn in der ersten Zeit reagieren sie darauf in entsprechender Weise, aber die Schätzung dieser Eindrücke hinsichtlich ihres Schadens oder Nutzens, sowie die Auswahl zweckmäßiger Handlungen sind unzureichend; die Tiere verschlucken daher einen leeren Papierballen, den man mit Fett bestrich, verschlingen Fleisch samt Papierhülle, kommen der Flamme allzu nahe, beriechen den drohenden Stock usw.

Offenbar handelt es sich dabei um Verlust des höheren Erkenntnisvermögens, welches eine bestimmte Beziehung zwischen den neuen Außeneindrücken und dem Ergebnis der früher gewonnenen Erfahrung herstellt und die Bewegungen und Handlungen in eine dem Individuum nützliche Bahn lenkt.

Dieses höhere Erkenntnisvermögen seinerseits beruht nun auf einem Vorgang, den man in der subjektiven Psychologie „urteilen“ und „schlußfolgern“ nennt, der eng mit der aktiven Aufmerksamkeit und der willkürlichen Bewegungswahl zusammenhängt und den wir hier als psychoregulatorische Tätigkeit bezeichnen werden.

Eine auffallende Besonderheit der Hunde ohne Stirnhirn ist ferner ihre hochgradige Gleichgültigkeit gegen alle Einwirkungen, welche zum Auftreten psychischer Bewegungen führen. Die operierten Tiere reagieren, wie wir sehen, nicht durch entsprechende Körperbewegungen, wenn man sie streichelt oder mit der Peitsche bedroht. Es wurde schon früher dargelegt, daß die Perzeption der von den inneren Körperorganen herrührenden Reize in den Centralwindungen und in den angrenzenden Teilen des Scheitellappens stattfindet. Auch die Reaktionen seitens der inneren Organe werden durch bestimmte Teile der gleichen Rindenregion angeregt. Es ist also nicht anzunehmen, daß es sich hier handeln sollte um eine primäre Affektion der Perzeption der Körperreize und der psychoreflektorischen Reaktion seitens der inneren Organe einschließlich der Gefäßsphäre, und dies um so viel weniger, als der direkte Versuch (Prüfung der Bewegungen der inneren Organe und

des Gefäßsystems) uns gezeigt hat, daß die Rinde des Stirnlappens nach dieser Richtung hin ein vollkommen negatives Resultat liefert.

Es handelt sich hier also offenbar nicht um eine Störung der primären Perzeption der Körperreize, sondern höchstwahrscheinlich um Verlust ihrer sukzessiven Spuren und um mangelhafte Schätzung dieser Eindrücke, welche Schätzung sonst die individuellen Beziehungen zur Außenwelt reguliert.

Die Ausbildung der psychoregulatorischen Tätigkeit, welche die Schätzung der äußeren Eindrücke und die zweckmäßige Bewegungswahl in Gemäßheit der stattfindenden Außenwirkungen bestimmt, steht im Zusammenhang mit dem individuellen Kern der psychischen Sphäre, und dieser Kern, der sich auf Grund der sukzessiven Spuren von den seitens der inneren Organe herrührenden Reizen ausbildet, hat augenscheinlich seinen materiellen Sitz in der Rinde des Stirnlappens.

Die psychoregulatorische Tätigkeit beeinflußt auch die Äußerungen der Emotionen im Sinne einer Hemmung derselben in entsprechenden Fällen und in Gemäßheit der jeweilig bestehenden Außenbedingungen. Es ist daher natürlich, daß Hunde ohne Stirnlappenrinde außer Störungen der psychoreflektorischen Tätigkeit in einzelnen Fällen eine hochgradige Reizbarkeit aufweisen, wie sie normalen Hunden nicht zukommt.

Welche Erklärung finden nun die Veränderungen der Sensibilität, welche nach Verlust der Stirnlappenrinde auftreten?

Da die Sensibilitätsstörungen in Fällen von Abtragung der Präfrontalregion keinen stabilen Charakter haben, so kann die Rinde der Präfrontalregion jedenfalls nicht als kortikales Sensibilitätscentrum angesehen werden.

Man darf annehmen, daß auch die Alterationen der Sensibilität in diesen Fällen bis zu einem gewissen Grade auf mangelhafter Schätzung der Außeneindrücke beruhen. Der operierte Hund verhält sich so lange gleichgültig gegenüber den Außenreizen, bis eine durch Schmerz erzeugte psychoreflektorische Bewegung eintritt.

Uebrigens ist nicht zu leugnen, daß zum mindesten die stabileren Sensibilitätsstörungen, wie man sie in einzelnen Fällen bei totaler Abtragung des Stirnlappens antrifft, in einer Beschädigung der benachbarten Rumpf- und Extremitätencentra der hinteren Stirnlappenregion und des Gyrus sigmoideus, ihre Erklärung finden können.

Es liegt aber kein Grund vor, im Stirnlappen besondere Centra für die Rumpfsensibilität anzunehmen, wie dies von Munk geschieht.

Einige Worte schließlich über die temporären Störungen der Motilität, welche man in Fällen von Läsion des Stirnlappens beobachtet.

Ich meine hier die im obigen erwähnte Unzweckmäßigkeit der Bewegungen der am Stirnlappen operierten Tiere, wie z. B. den Nichtgebrauch der Vorderpfote beim Benagen von Knochen u. dergl. Da anhaltende Paresen der Extremitätenmuskeln in diesen Fällen nicht nachgewiesen werden konnten, so ist zu schließen, daß auch motorische Centra nicht im Stirnlappen zu lokalisieren sind. Aber gewisse Beziehungen hat diese Rindenregion immerhin zu den Bewegungen, und dies äußert sich vor allem in der zweckmäßigen Einrichtung der Bewegungen. Man darf annehmen, daß die Präfrontalrinde bis zu einem bestimmten Grad richtend auf die Motilität einwirkt, eine Wirkung,

welche mit der Schätzung der Außeneindrücke im Zusammenhang steht.

Es wäre demnach die Präfrontalrinde auf Grund der experimentellen Befunde zu betrachten als eine Gehirnregion, welche den Sitz des individuellen Kerns der psychischen Sphäre bildet, da hier die sukzessiven Spuren der inneren Reize aufgestapelt werden. Der Stirnlappen funktioniert aber zugleich auch als Organ der psychoregulatorischen Tätigkeit, welche in einer regelrechten Einschätzung der Außeneindrücke und in einer zweckmäßigen Richtung und Auswahl der Bewegungen gemäß der vollzogenen Schätzung der Eindrücke sich äußert.

c) Pathologische Zustände.

Den experimentellen Belegen über die Bedeutung der Präfrontalregion schließen sich klinische Beobachtungen über Fälle an, wo Destruktionen des Stirnlappens vorlagen.

Die nach dieser Richtung hin an Kranken gemachten Erfahrungen sprechen nun entschieden nicht zu Gunsten der Voraussetzung, daß Läsionen der eigentlichen Präfrontalregion Störungen der Sensibilität oder Ausbildung von Muskellähmungen nach sich ziehen. Es geht daraus hervor, daß kein Grund vorliegt, der Präfrontalregion die Bedeutung eines Centrums der Sensibilität oder Motilität zuzuschreiben.

Man hat aber neuerdings mehrere klinische Beobachtungen kennen gelernt, aus denen sich ergibt, daß Affektionen des Stirnlappens Störungen der statischen Koordination nach sich ziehen. Ich erwähne hier den von Kusnezov[1]) mitgeteilten Fall, betreffend eine Patientin, welche zu Lebzeiten Zwangsbewegungen mit Störungen der statischen Koordination hatte und bei der Sektion ein Tumor (Cysticercus cellulosus) der weichen Hirnhaut sich fand, welcher zur partiellen Atrophie des rechten Stirnlappens geführt hatte. Auch in dem von Bruns[2]) erzählten Fall bestanden Störungen der statischen Koordination, die an cerebellare Ataxie erinnerten; bei der Obduktion stieß man auf Tumoren im Stirnlappen.

Anton und Zingerle[3]) behandeln die Beziehungen des Stirnlappens zum Kleinhirn.

Nach der Auffassung dieser Autoren drängen die anatomischen und physiologischen Tatsachen, sowie zahlreiche pathologische Erfahrungen am Menschen zu der Annahme, daß der Stirnlappen, abgesehen von seinen Beziehungen zum Intellekt, als Centralorgan des Großhirns für das Kleinhirn funktioniert, als dessen sensibles Organ die Bogengänge des Ohrlabyrinthes auftreten. Unterstützt werde diese Auffassung durch die Tatsache, daß die Verbindungen des Stirnlappens mit den vorderen Thalamuspartien ganz besonders reichlich sind, und vom Thalamus begeben sich zum Kleinhirn dessen vordere Schenkel.

Wenn dieses Moment auch nicht gerade sehr überzeugend ist, so sind im Hinblick auf früher erwähnte Befunde gewisse Beziehungen des Stirnlappens zu der statischen Koordination wohl nicht zu leugnen.

---

[1]) Kusnezov, Vêstn. klin. i Sud. psihiatr., Bd. 9.
[2]) Bruns, Deutsche Medic. Wochenschr. 1892, Nr. 7.
[3]) Anton und Zingerle, Bern, Leistungen und Erkrankungen des menschlichen Großhirns. 1902.

Doch bezieht sich dies alles mehr auf die hinteren Partien des Stirnlappens, von denen die frontale Brückenbahn kaudalwärts abgegeben wird.

An pathologischen Befunden, welche auf Beziehungen des Stirnlappens zu den psychischen Leistungen hinweisen, fehlt es im allgemeinen nicht.

Eine der merkwürdigsten hierhergehörigen Beobachtungen über Affektionen des Stirnlappens betrifft den als „American growbar cases" bekannten Fall. Der 25 Jahre alte Arbeiter GAGE verstopfte ein mit Pulver geladenes Bohrloch mittels eines spitzen Eisenpfropfens von 3·7" Länge, 1 1/4" Breite und 13 1/4 Pfd. Gewicht. Bei der erfolgten Explosion schoß der Pfropfen durch den Kopf des Arbeiters, durchsetzte den linken Oberkieferwinkel und den Stirnlappen und kam aus dem Schädeldach in der Nähe der Pfeilnaht zu Tage. Man fand den Pfropfen in der Nähe, mit Blut und Hirnsubstanz bedeckt. Der Verwundete war anfangs stark betäubt, eine Stunde später jedoch erstieg er eine hohe Treppe ins Verbandzimmer und konnte vollkommen klar über das Geschehene berichten.

Der Mann wurde gesund und lebte noch 12 1/2 Jahr nach dem Ereignis. Durch eingehende vitale Beobachtung, sowie durch Untersuchung des später ausgegrabenen Schädels konnte festgestellt werden. daß das Projektil den linken Oberkieferwinkel durchsetzt und den Schädel unmittelbar vor der Kranznaht verlassen hatte. Demnach war der hintere Teil des Stirnlappens, wo sich die motorischen Centra befinden, unversehrt geblieben, was das Fehlen von Lähmungen in diesem Fall erklärt. In psychischer Beziehung war der Kranke nach dem Zeugnis des Dr. HARLOW wie umgewandelt. Das Gleichgewicht zwischen Vernunft und instinktiven Neigungen schien vollkommen gestört; der Mann wurde nervös, respektlos, grob, was früher nicht an ihm bemerkt war; gegen seinesgleichen konnte er sich kaum beherrschen; er vertrug keinen Widerspruch und wollte fremden Rat nicht anhören, wenn er ihm nicht paßte; zu Zeiten war er äußerst hartnäckig, launisch und unentschlossen, baute Zukunftspläne, um sie sogleich zu verwerfen und andere aufzunehmen, die ihm praktischer erschienen. Der Mann war von der Vernunft eines Kindes, von Leidenschaften und Instinkten eines Erwachsenen. Vor dem Unglücksfall war er, wiewohl ohne Schulbildung, ein ganz verständiger Mensch, gleichmäßig in seinen Handlungen und zugleich energisch und konsequent in der Verfolgung seiner Pläne; nach der Verletzung war er in dieser Beziehung so verändert, daß seine Freunde und Bekannten in ihm den früheren GAGE nicht wiedererkennen wollten.

Man hat überhaupt in allen Fällen bei Traumen oder Affektionen des Stirnlappens tiefgehende Veränderungen des Charakters bemerkt. Die Kranken werden dabei egoistisch, brummig, menschenfeindlich und äußerst impulsiv.

JASTROWITZ beschreibt einen 38jährigen Lakai, der schwachsinnig, gutmütig und zu Witzen geneigt war. Er hatte eine kartoffelförmige Geschwulst von 4 cm Länge und 3 cm Breite in der Stirngegend, rechts 1 cm von der Mittellinie sich ausbreitend und 2 cm über der Orbitalfläche gelegen. Die Geschwulst saß an der Spitze des Stirnlappens an der Stelle, wo die obere Stirnwindung in die Gyri der Supraorbital-

fläche umbiegt; auch die mittlere Stirnwindung war ergriffen. Der Kranke, der vorher wegen Epilepsie in Dalldorf war, wurde nicht selten lebhaft erregt, zeigte Verwirrtheit und Neigung zu Überfällen, Gehörs- und Gesichtstäuschungen und Verfolgungswahn. Lokale Symptome waren nicht vorhanden. JASTROWITZ bemerkt, daß ihm Schwachsinn mit eigentümlich heiterer Erregung (sog. Moria) nur bei Tumoren der Stirngegend vorgekommen und zwar habe er $^1/_2$ Dutzend solcher Fälle beobachtet. Er betont aber, daß nicht alle Erkrankungen des Stirnlappens unter solchen Erscheinungen verlaufen. Die Moria ist nach seiner Meinung ein Symptom, welches stets auf einen im Stirnlappen sitzenden Tumor hinweist.

In einer Zusammenstellung der Beobachtungen über Erkrankungen des Stirnlappens mit Veränderungen des Charakters berichtet LEONORE WELT[1]) über einen Fall von Fraktur des Stirnbeins und schwerer Beschädigung des rechten Stirnlappens mit Substanzdefekten des Gehirns, welcher ohne motorische und sensible Störungen verlief, aber eigentümliche Veränderungen des Charakters des Kranken hervorrief, der aus einem begabten gutmütigen Menschen boshaft, gewalttätig und grausam wurde. Auf Grund der in der Literatur mitgeteilten Beobachtungen kommt WELT zu dem Schluß, daß bei Hämorrhagien und Erweichungsherden des Stirnlappens niemals Veränderungen des Charakters auftreten sollen; bei anderen Affektionen des Stirnlappens kommen solche Veränderungen nicht selten vor, wenn auch nicht konstant. Aus den Sektionsbefunden ist zu schließen, daß Charakterveränderungen bewirkt werden durch Erkrankung der Teile, welche in der Nähe der Mittellinie an der Orbitalfläche des Stirnlappens und zwar namentlich rechts gelegen sind.

Ob diese Lokalisation allgemeine Gültigkeit hat, werden zukünftige Beobachtungen zeigen.

Ich erwähne meinerseits einen Fall von ausgedehntem Fibrosarkom, welches beiderseits an der Orbitalfläche des Stirnlappens saß und dessen mediane Teile mit ergriffen hatte; beide Nn. olfactorii waren in den Tumor einbezogen und das Chiasma opticum komprimiert. Trotz dieser Lokalisation des Tumors waren wesentliche Veränderungen des Charakters nicht zu bemerken, wohl aber bestand hochgradige Gedächtnisschwäche (namentlich für Ereignisse jüngeren Datums), große Gleichgültigkeit und Apathie und waren gut ausgesprochene Trugerinnerungen vorhanden.

Ich sah später noch einen weiteren Fall von Fibrosarkom der Basis des Stirnlappens mit Erscheinungen von Apathie, Schwachsinn und Blindheit (als Folge von Kompression des Chiasma), aber auch hier fehlten Veränderungen des Charakters.

Immerhin ist die Bedeutung dieses Symptomes für die Diagnostik chronischer Erkrankungen des Stirnlappens und insbesondere der Tumoren dieser Gegend nicht zu unterschätzen.

OPPENHEIM bezeichnet das Symptom, welches er Witzelsucht nennt, als eine konstante Begleiterscheinung von Tumoren des Stirnlappens.

[1]) WELT, Über Charakterveränderungen des Menschen infolge von Läsionen des Stirnhirns 1888.

Er[1]) ist überhaupt der Meinung, daß psychische Störungen ein häufiges Symptom bei Affektionen des Stirnhirnes bilden, nur sind die psychischen Störungen bei diesen Erkrankungen diagnostisch noch nicht hinreichend gewürdigt worden.

Oppenheim erwähnt einen von Allen, Starr und McBurney mitgeteilten Fall, wo man zuerst aus den psychischen Störungen das Bestehen eines Tumors des Stirnlappens erschloß. Nach seiner Meinung darf man in den Fällen von Tumor cerebri, wo ausgesprochene psychische Schwäche, Apathie, Bewußtseinstrübung und andere charakteristische Symptome bestehen, mit der Möglichkeit rechnen, daß der Tumor im Stirnlappen sitzt, wenn es auch unmöglich ist, dabei anzugeben, welche Teile des Stirnlappens den Sitz der Geschwulst bilden.

Beachtung verdient ferner ein von Lépine mitgeteilter Fall von Erkrankung des Stirnlappens.

Es handelte sich um einen Kranken mit Abszeß des rechten Stirnlappens und Erscheinungen von Stumpfsinn. Der Kranke begriff anscheinend, was man ihm sagte, es fiel ihm aber das Sprechen schwer. Forderte man ihn zum Sitzen auf, so tat er dies. Gehen konnte er aber nur wenige Schritte ohne fremde Hilfe.

Ventra[2]) schildert einen Fall von rein traumatischer Affektion des Stirnlappens mit Herabgang des Intellektes, ein Befund, der anscheinend zu Gunsten der Ansichten von Hitzig, Bianchi, Flechsig und gegen Munk spricht.

Davidson beschreibt folgende Beobachtung:

Ein Bauer erhielt einen starken Schlag gegen den Kopf mit einem eisernen Haken, welcher unter Fraktur des Stirnbeines das Gehirn bis zur Kranznaht bloßlegte und zerriß. Wie sich bei der Sektion herausstellte, war auf der rechten Seite ein großer Teil der mittleren und oberen Stirnwindung, links ein beträchtliches Stück der unteren Stirnwindung zerstört worden.

Über den psychischen Zustand in diesem Fall liegen folgende Angaben vor. Der Kranke begriff unzweifelhaft, was man ihm sagte und tat auch alles, was von ihm verlangt wurde, aber jede seiner Bewegungen machte auf den Beobachter den Eindruck des Automatischen und Mechanischen.

Byron Bramwell[3]) fand bei Affektionen des Stirnlappens in allen Fällen lebhafte psychische Störungen, während Tumoren anderer Gehirngebiete solche Störungen nur im geringsten Grade hervorriefen.

Bayerthal[4]) weist darauf hin, daß bei Tumoren des Stirnlappens Apathie, Gedächtnisschwäche und Interesselosigkeit als Frühsymptome auftreten.

In einem von Neisser[5]) beobachteten Fall von Sarkom des linken Stirnlappens entsprachen die klinischen Erscheinungen dem Bilde der Dementia paralytica.

---

[1]) Oppenheim, Die Geschwülste des Gehirns. Nothnagel's Spec. Pathol. u. Ther., Wien 1896.
[2]) Ventra, Les fonctions des lobes préfrontaux. Gaz. hebd. 1900, Nr. 13.
[3]) Byron Bramwell, On the localisation of intracranial tumours. Brain 1899.
[4]) Bayerthal, Neurol. Centralbl. 1902, S. 632.
[5]) Neisser, Tumori di lobi anteriori del cervello.

Bei Tumoren des Stirnlappens findet man überhaupt Störungen des Bewußtseins und der psychischen Sphäre nicht selten. Bergmann diagnostizierte auf Grund der vorhandenen Alterationen einen Tumor des Stirnlappens, der sich bei der Sektion in der Tat vorfand.

Auerbach[1]) beschreibt einen Fall von Tumor des Stirnlappens, der nach dem klinischen Bilde an Myxoedem (vorübergehendes Oedem, Verlangsamung der psychischen Prozesse, allgemeine Apathie, Gedächtnisschwäche, Willensschwäche, Fehlen von Herdsymptomen) erinnerte, obwohl die Schilddrüse sich bei der Sektion als normal herausstellte. Er gelangt auf Grund dieses Falles und fremder Befunde zu der Auffassung, daß der Stirnlappen beim Menschen in nächster Beziehung zu den höheren psychischen Leistungen steht. Er kritisiert die mit den Befunden anderer Autoren nicht übereinstimmenden Angaben Munk's; auch greift er die Darlegungen von Bruns an, wonach klinische Erfahrungen bezüglich der psychischen Funktionen des Stirnlappens keine Bedeutung haben sollen. Er betont, daß Störungen der Psyche ein Frühsymptom der Stirnlappengeschwülste bilden und hier viel früher auftreten, als bei Tumoren anderer Gehirnregionen.

Burr[2]) konstatierte ein hochgradiges Herabgehen des Intellektes bei Tumorbildung der linken Präfrontalregion.

Durante[3]) schildert acht Fälle von Tumor cerebri mit Exstirpation und Ausgang in Heilung. Fünf dieser Fälle betreffen den Stirnlappen und in allen diesen Fällen war psychische Schwäche das hervorstechendste Symptom.

Rossolymo[4]) erzählt einen Fall von Tumor des Stirnlappens mit psychischen Störungen.

Man kennt ferner Fälle, wo psychische Störungen Folge waren der Kompression und teilweisen Zerstörung des Stirnlappens durch Tumoren und bei der Exstirpation dieser letzteren verschwanden.[5])

Nach den auf ein umfangreiches literarisches Material gestützten Darlegungen Mendel's[6]) findet man bei der Sektion oder Operation Stirnlappenaffektion, wenn zu Lebzeiten psychische Störungen vorhanden waren.

Charakteristisch für die dabei beobachteten psychischen Störungen ist der vorhin zitierte Fall von Schädeltrauma, welchen Dr. Perimow beschreibt.

Allen Starr kommt auf Grund fremder (Ferrier, Welt, Thomson, Griffith, Seldon) und eigener Beobachtungen zu dem Schluß, daß Affektionen des Stirnlappens von Verlust oder Störungen des Intellektes begleitet werden, sowie von Gedächtnisschwäche, und zwar in dem Maße der Ausdehnung der Erkrankung der Rinde.

Ferrier beruft sich als Beweis für die direkten Beziehungen des Stirnlappens zum Intellekt auf die Fälle von Baraduc und Davidson,

---

[1]) Auerbach, Beitrag zur Diagnostik der Geschwülste des Stirnhirns. Deutsche Zeitschr. f. Nervenheilk. 1902, Bd. 22, H. 2 u. 4.

[2]) C Burr, The relation of the prefrontal lobes to mental function. Philad. Med. Journ Bd. 2, S. 217.

[3]) Durante, Observations on certain cerebral localisations. Brit. Med. Journ. 1902, S. 1825.

[4]) Rossolymo, Vêstn. psihiatr. Bd 9.

[5]) Friedreich, Münch. Med. Wochenschr. 1902, S. 1725.

[6]) Mendel, Mitteil. aus d. Grenzgeb. d. Med. u. Chir. H. 4 u. 5.

In einem dieser Fälle handelte es sich um Atrophie des Stirnlappens, mit Ausgang in totalen Schwachsinn. Des anderen Falles von Davidson ist schon früher gedacht worden.

Ferrier erwähnt auch einen von Cruveilhier beschriebenen Fall von Idiotismus, in welchem die Präfrontalregion vollständig fehlte.

Nach der Ansicht von Ferrier[1]) führen überhaupt größere Defekte des Stirnlappens zur Ausbildung von Idiotismus.

Fälle von Idiotismus mit Affektion des Stirnlappens sind im allgemeinen nicht selten. Hinzuweisen ist hier auf mehrere Beobachtungen von Bourneville[2]), Danillo[3]), Forel.[4])

Mc Donald[5]) schilderte unlängst einen Kranken mit angeborenem Schwachsinn, der an einer interkurrenten Krankheit starb und bei dessen Sektion fast vollständiger Mangel der Frontalregion gefunden wurde. Er führt eine eigene Statistik des Idiotismus auf, welche für Beziehungen des Stirnlappens zum Intellekt sprechen soll. Von 40 Idiotismusfällen waren 25 ohne lokale Veränderungen, 12 mit starker Atrophie des Stirnlappens, 2 mit Atrophie des Occipitallappens und 1 mit Atrophie des Stirn- und Hinterhauptlappens.

Noch größer ist in der Literatur die Zahl der Idiotismusfälle, wo außer dem Stirnlappen noch andere Rindenregionen, vor allem der Scheitel- und Schläfenlappen zerstört gefunden wurden.

Bolton[6]) glaubt aus einer Anzahl pathologisch-anatomischer Befunde an Gehirnen von Geisteskranken erschlossen zu haben, daß die Präfrontalregion bezw. das vordere Assoziationscentrum von Flechsig, als Stätte der Koordinations- und Assoziationsprozesse funktioniert. Dieses Centrum ist unentwickelt bei allen Zuständen primärer psychischer Schwäche; bei Schwachsinn findet man diese Rindenregion atrophisch. Bolton nimmt an, daß der Assoziationstätigkeit vor allem die Pyramidenzellen dienen, da diese beim Schwachsinn am meisten leiden. Wenn bei den Affen nicht die gleichen Erscheinungen auftreten, welche man beim Menschen findet, so beruhe dies auf der großen Lücke, welche in psychischer Beziehung zwischen Mensch und höheren Affen besteht.

Auch Phelps[7]) schreibt dem Stirnlappen nähere Beziehungen zu den höheren psychischen Leistungen zu, doch meint er, daß dem Stirnlappen der rechten Hemisphäre solche Beziehungen nicht zukommen. Nur der linke Stirnlappen soll psychische Funktionen erfüllen. Er beruft sich dabei auf eine große Anzahl von Fällen mit Erkrankung des Stirnlappens.

Nicht nur Affektionen des rechten Stirnlappens, sondern selbst Affektionen der ganzen rechten Gehirnhemisphäre sollen keine deutlichen Intellektstörungen bewirken.

---

[1]) Ferrier, Über die Lokalisation der Gehirnkrankheiten.
[2]) Bourneville, Récherches cliniques et thér. 1882, 1892, 1893.
[3]) Danillo, Véstn. klin. i sudebn. psihiatr. 1887, Bd 1.
[4]) Forel, Arch. f. Psych. 1887, Bd. 18. — Vgl. auch Onufrowicz, Das balkenlose Mikrocephalengehirn Hofmann.
[5]) Mc Donald, Note on the prefrontal lobes etc. Journ. of mental sc. 192, Bd. 48, S. 9.
[6]) Bolton, The function of the frontal lobes. Brain 1903, Bd. 2, S. 214.
[7]) Phelps, The localisation of the mental faculties etc. The Amer. Journ. of the med. sc. 1902, Bd. 124, Nr. 4.

Nicht unerwähnt darf hier jedoch bleiben, daß manche Kliniker sich zur Frage der psychischen Funktion des Stirnlappens recht skeptisch verhalten. So z. B. waren in mehreren von CHARCOT und PITRES[1]) mitgeteilten Fällen von Erkrankung des Stirnlappens merkliche Störungen nicht vorhanden.

BRUNS[2]) äußert sich aus allgemein-psychologischen Erwägungen in dem Sinne, daß zur Annahme einer speziell psychischen Bedeutung der Stirnlapponrinde kein hinreichender Grund vorliege. Wenngleich psychische Störungen bezw. Schwachsinn ein gewöhnliches Symptom bei Erkrankungen des Stirnlappens sind, so beobachtet man den Herabgang der Geisteskräfte auch bei Erkrankungen anderer Rindenpartien. Die Häufigkeit des Schwachsinns bei Stirnlappentumoren versucht er darauf zurückzuführen, daß infolge der Entfernung des Stirnlappens vom Verlängerten Mark Tumoren daselbst relativ größere Dimensionen annehmen können, als in anderen Gehirnregionen.

Zu ganz ähnlichen Resultaten kommt auch BERNHARDT.[3]) E. MÜLLER[4]) äußert sich in einem analogen Sinne. Er erklärt die psychischen Störungen als Allgemeinsymptome. Die Literatur kennt nur wenig Fälle, wo psychische Störungen dabei früher als die Allgemeinsymptome auftreten. Die gewöhnlich zu beobachtende Depression könne nicht als Geistesschwäche gedeutet werden. Nach operativer Entfernung der Tumoren des Stirnlappens kommt es zwar zu einer schnellen Aufbesserung des psychischen Zustandes, man beobachtet aber gleichzeitig auch das Verschwinden der Allgemeinsymptome. Dieser Umstand spreche dafür, daß die psychischen Störungen in diesen Fällen nicht als lokales, sondern als Allgemeinsymptom zu deuten sind. Die Verlangsamung der Apperzeption, das verzögerte Beantworten der Frage, die Störung der Orientierung in Zeit, Raum und Umgebung soll ebenfalls auf allgemeinen Bedingungen beruhen. Auch die nicht selten zu beobachtende Stumpfsinnigkeit sei veränderlich und könne mit der bestehenden Depression zusammenhängen. Die Veränderungen des Charakters seien deshalb vorsichtig zu beurteilen, weil sie durch Läsion der gesamten Hirnrinde bedingt sein können. Hervorgehen soll dies aus den Experimenten von FRIEDMANN, der beim Kaninchen im Gefolge von Einstichen und Läsionen verschiedener Teile der Rindenoberfläche Veränderungen des Benehmens dieser Tiere beobachtete, die dann an Hunde ohne Stirnlappen erinnerten, bei der Sektion fand F. dabei nur diffuse Rötung der Pia.

CESTON und LEJONNE[5]) gelangen nach einer Durchsicht der gesamten Literatur der Frage zu folgender Auffassung:

Tumoren und Läsionen des Stirnlappens können in einigen Fällen von psychischen Störungen unbegleitet bleiben. Falls psychische Störungen auftreten, dann können drei Kategorien derselben unterschieden werden: 1. bei Personen mit schwerer erblicher Belastung

[1]) CHARCOT et PITRES, Revue mens. 1877.

[2]) BRUNS, Die Geschwülste des Nervensystems. Berlin 1897.

[3]) BERNHARDT, Beiträge zur Symptomatologie und Diagnostik der Hirngeschwülste. Berlin 1881.

[4]) MÜLLER, Krit. Beiträge zur Frage d. Beziehungen d. Stirnhirns. Allg. Zeitschr. f. Psych., Bd. 59, Heft 6.

[5]) CESTON und LEJONNE, Revue neurol. 1901, Nr. 17.

können Tumoren Psychosen erzeugen, selbst aber unbemerkt bleiben; 2. Geschwülste des Stirnlappens erzeugen an und für sich psychische Störungen, die sich äußern als Depression und Schläfrigkeit, Gedächtnisschwäche, Herabgehen des Intellektes und progressiver Schwachsinn, wie dies auch bei Tumorbildung in anderen Gehirngegenden der Fall ist; 3. die psychischen Störungen, die am meisten auf Erkrankung des Stirnlappens hinweisen, sind: maniakalische Erregung, Selbstmordgedanken, Ideenverwirrung und Schwachsinn, dann Aphasie, Gutmütigkeit. Egoismus, Gleichgültigkeit gegen die Umgebung, am häufigsten jedoch beobachtet man Störungen der höheren psychischen Prozesse, des Gedächtnisses, der Gedankenassoziation und der höheren Sinne.

Anton[1]) äußerte sich neuerdings in dem Sinne, daß die psychischen Symptome bei einseitiger Erkrankung des Stirnlappens unbestimmter Art sind, bei zweiseitiger Erkrankung erinnern sie an progressive Paralyse. In somatischer Beziehung können Störungen des Körpergleichgewichts beim Gehen und Stehen auftreten.

Monakow[2]) weist darauf hin, daß der Zusammenhang zwischen Stirnlappenaffektionen und psychischen Störungen noch ganz dunkel ist. Bei Neubildungen des Stirnlappens sind psychische Störungen häufig. sie erscheinen aber entweder in den Spätstadien der Krankheit oder sie haben periodischen Charakter; man erhält daher den Eindruck, daß sie mit der speziellen Natur der Affektion, mit Druck auf die Gehirnelemente, mit der Ausdehnung der Circulationsstörung usw. zusammenhängen.

Gleiches gilt auch von den Erweichungsherden.

Die Veränderungen der psychischen Tätigkeit bei Stirnlappenerkrankungen weisen, wie Monakow bemerkt, eine große Mannigfaltigkeit auf; aber alle diese Symptome brauchen nicht notwendig Folge der Stirnlappenaffektion zu sein.

Monakow findet schließlich, daß psychische Komplikationen bei Stirnlappentumoren nicht notwendig aufzutreten brauchen. Die Statistik Schusters bezeugt, daß bei Tumoren des Stirnlappens psychische Störungen in 80 % der Fälle, bei Tumoren anderer Gehirnregionen in 52—66 % auftreten, mit Ausnahme des Balkens, dessen Erkrankung fast 100 % psychische Störungen liefert, die des Gehirnstammes nur 25 %.

Es bedarf kaum des Hinweises, daß die Auffassungen von Bruns, Bernhardt, Müller nicht auf allgemeine Anerkennung rechnen können. und zwar schon im Hinblick auf die große Anzahl von Erfahrungen über traumatische Beschädigungen, Atrophien und Erweichungen des Stirnlappens in Fällen, wo zu Lebzeiten mehr oder weniger ausgesprochene Störungen vorhanden waren.

Mit Recht bemerkt Larionov[3]) bezüglich der Fälle von „latentem" Verlauf der Stirnlappenaffektionen, daß Abszesse, Tumoren, Schußverletzungen und Hämorrhagien häufig nicht, wie zu erwarten wäre. dauernde Veränderungen oder Funktionsstörungen der Rindencentra hervorrufen, denn gewöhnlich lädieren sie die Rinde nur wenig und

---

[1]) Anton, Münch. Med. Woch. 1906, Nr. 22.

[2]) Monakow, Gehirnpathologie.

[3]) Larionov, Anatomische und andere Grundlagen der Lehre von den Assoziationscentren, a. a. O.

erzeugen sehr häufig durch Druck auf das Gehirn statt Herdsymptome mehr allgemeine Symptome, meist irritierender Art, während Atrophien, Degenerationen und Sklerose der Rinde gerade im Gegenteil stabile Affektionen derselben erzeugen unter Ausfall oder Aufhebung der Funktion des betroffenen Centrums. Man findet denn auch in den von Charcot und Pitres[1]) angeführten Fällen, die angeblich ohne objektive Symptome verliefen, 9 mal Abszesse des rechten und linken Stirnlappens, 1 mal Hämorrhagien in die Substanz des rechten Stirnlappens und nur 1 mal Erweichung der linken Orbitalregion des Gehirns. In einigen dieser Fälle saß der Abszeß, laut Angabe von Charcot und Pitres, subkortikal im Markweiß; eine Zerstörung der Rinde selbst lag, wie gewöhnlich, nicht vor. Auch die Hämorrhagien saßen anscheinend unter bezw. auf der Rinde, nicht aber in ihrer Substanz. Erweichungsherde der Supraorbitaloberfläche konnten nur Veränderungen des Charakters hervorrufen.

Ich selbst beobachtete, abgesehen von den früher erwähnten zwei Fällen von Tumorbildung der Stirnlappenregion, mehrere andere Affektionen dieses Lappens, wobei konstant ein mehr oder weniger auffallendes Herabgehen der Geisteskräfte zu bemerken war. Ferner bildete in einem meiner Fälle hochgradige Atrophie des linken Stirnlappens, welcher $^1/_3$ seiner normalen Größe besaß, die Grundlage schwerer Idiotie.

Auch in einem weiteren (mir durch Dr. Sovêtor überlassenen) Fall von tiefem Idiotismus handelte es sich um einen porencephalischen Defekt des linken Stirnlappens, wobei die gesamte Außenfläche des linken Stirnlappens samt der vorderen Centralwindung fehlte.

In einem Falle endlich handelte es sich um eine Schwachsinnige mit Halluzinationen, bei welcher man eine Cyste von enormer Größe fand, die den größten Teil des linken Stirnlappens okkupierte.

Zu erinnern hat man sich hier auch, daß bei dem progressiven paralytischen Schwachsinn die diffusen Affektionen der Meningen und der Rinde am auffallendsten an den vorderen Hemisphärenpartien auftreten, namentlich im Bereich der Frontal- und Centralwindungen. Klinisch findet man, außer somatischen Störungen, einen progressiven Niedergang der Geisteskräfte mit Veränderungen des Charakters und der Individualität, einem eigentümlichen sinnlosen Größenwahn und hypochondrischen Ideen.

Überblickt man nun das gesamte klinische Erfahrungsmaterial vom Menschen, so drängt sich der Schluß auf, daß den Stirnlappen bezw. der Präfrontalregion der Rinde eine größere Bedeutung für die psychischen Funktionen zukommen mag.

Viele der vorliegenden klinischen Schilderungen sind leider nicht hinreichend vollständig und liefern daher kein klares Bild von der Grundursache der psychischen Störungen, welche der Erkrankung der Präfrontalregion entsprechen. Im allgemeinen aber handelt es sich in Fällen von Affektion der Präfrontalrinde in psychischer Beziehung

1. um einen Niedergang des Intellektes, sich äußernd in Schwachsinn oder Idiotismus;

2. um eigentümliche Veränderungen der Persönlichkeit und des

[1]) Charcot und Pitres, Revue mens. 1877.

Charakters, begleitet von Intellekt und Willensschwäche und Zuständen psychischer Erregung, gelegentlich auch von extremer Reizbarkeit;

3. um Zustände von Apathie, Gleichgültigkeit und andere psychische Störungen. Falls Wahnideen bei den Kranken auftreten, dann bestehen meist hochgradige Veränderungen der Persönlichkeit.

Stellt man diesen Befund nun mit den experimentellen Ergebnissen zusammen, dann ist eine nahe Übereinstimmung zwischen beiden Erscheinungsreihen wohl nicht zu verkennen. Bei Mensch und Tier handelt es sich um eine mehr oder weniger tiefgehende Affektion des höheren Erkenntnisvermögens, des Willens und der Aufmerksamkeit neben Veränderungen des Charakters und Zuständen von Apathie.

Die klinische Erfahrung ist also ebenfalls der Annahme günstig, daß dem Stirnlappen eine psycho-regulatorische Funktion zukommt in dem Sinne, daß Affektionen dieser Rindenpartien einerseits Verstand, Willen und Aufmerksamkeit mehr oder weniger wesentlich beeinträchtigen, andererseits Störungen der psychischen Sphäre mit Veränderungen der Persönlichkeit hervorrufen.

Von motorischen Störungen findet man bei Erkrankungen des Stirnlappens in pathologischen Fällen zuweilen Alterationen der statischen Koordination beim Stehen und Gehen. Man kann diese Erscheinungen auf eine Beschädigung der frontalen Rinden-Brückenbahn zurückführen.

4. Die ungleiche Aufgabe des rechten und linken Stirnlappens.

Mehrere Umstände scheinen auf eine ungleiche Beteiligung der Stirnlappen beider Seiten an den psychischen Verrichtungen hinzuweisen.

Angaben über diesen Punkt findet man z. B. in der Arbeit von Welt.[1] Er glaubt aus einer umfassenden Kasuistik (60 Fälle) der Stirnlappenaffektionen (Traumen, Abszesse, Tumoren, Hämorrhagien, Erweichungsherde, Atrophien) erschließen zu können, daß in vielen Fällen Veränderungen des Charakters nicht auftreten; in anderen Fällen findet man Automatismus, Hypochondrie, psychische Schwäche oder erhöhte Erregbarkeit, Veränderung der Stimmung, Demenz, Lethargie; in 12 Fällen waren Veränderungen des Charakters zu beobachten. In diesen letzteren Fällen handelte es sich vorwiegend um Erkrankungen der ersten oder inneren Windung der Supraorbitalfläche, und zwar häufiger rechts, als links. Welt schließt daraus, daß der Gyrus rectus, insbesondere der rechten Seite, ein Rindenfeld enthält, dessen Erkrankung Veränderungen des Charakters nach sich zieht.

Tauber vermißte jegliche Veränderungen der psychischen Sphäre bei einem Individuum mit ausgedehnter mechanischer Läsion des rechten Stirnlappens. Er nimmt daraufhin an, daß Defekte des Hirngewebes in der vorderen Stirnlappenregion ohne jede Störung der Motilität, der Sensibilität und der Denktätigkeit verlaufen können. Im Hinblick auf die Arbeiten von Starr[2]) und Horsley[3]) verlegt dieser Autor in die

[1]) Welt, Deutsch. Archiv f. klin. Med. 1882, Bd. 42.
[2]) Starr, Brain Surgery, London 1849.
[3]) Horsley, On the surgery of the central nerv. system.

erste Stirnwindung der linken Hemisphäre das Centrum des Intellektes, in die zweite Stirnwindung das Centrum der Stimme (?), des Denkens und des Gedächtnisses.

Larionov[1]) äußert hierüber folgendes:

Bei Affektionen des linken Stirnlappens bemerkte man in dem Falle von Wilks (Tumor) fremdartige und mürrische Gemütsstimmung, dann Lethargie und Demenz; in dem Falle von Binet (Abszeß) Niedergang des Intellektes, in dem Falle von Kotsonopolos (Sarkom) trat Melancholie ein; in dem Falle von Traill (Tumor) Hypochondrie und psychische Erregung; in dem Falle von Weiss (Gumma) psychische Schwäche; in dem Falle von Biermer (Tumor) religiöse Stimmung, alternierend mit heiterem Benehmen, später gefolgt von psychischen Störungen; in dem Falle von Houship (Hämorrhagie in der Mitte des Stirnlappens) beobachtete man Stupor; in dem Falle von Richaud (Hämorrhagie im vorderen Teil des Stirnlappens) vorübergehende Bewußtlosigkeit; in dem Falle von Ziegler (Abszeß) humoristische Stimmung, Niedergeschlagenheit, Gleichgültigkeit, Depression; in dem Falle von Hirtz (Abszeß) Schläfrigkeit; in dem Falle von Rosenthal (irgend ein Trauma) kurzdauernde Bewußtlosigkeit; in dem Falle von Chupe (Erweichung) zu Beginn Bewußtlosigkeit; in dem Falle von Bergeron (Abszeß) Aufregung ohne Schwund des Bewußtseins und der Vernunft; in dem Falle von Pitres (Hämorrhagie) komatösen Zustand; in dem Falle von Langlet (Schußverletzung) finstere Gemütsstimmung.

Man erkennt aus dieser Kasuistik die gewöhnlichen Folgeerscheinungen der Erkrankungen des linken Stirnlappens. Es sind: Niedergang des Intellektes, gedrückte Gemütsstimmung mit Übergang in Bewußtlosigkeit, Stupor,. Sopor, Lethargie, Hypochondrie, Melancholie, Demenz.

Überhaupt sind Zustände vorübergehender Bewußtlosigkeit bei Erkrankungen des linken Stirnlappens häufiger zu beobachten, als bei Erkrankungen des rechten Stirnlappens.

Wenden wir uns nun zu den Affektionen des rechten Stirnlappens, so ergibt sich aus der vorhandenen Kasuistik folgendes:

Bei Erkrankungen des Stirnlappens beobachtete Eulenburg (Abszeß) eine früher nicht vorhandene Geschwätzigkeit, ohne Störungen des Intellektes (nur einmal Bewußtlosigkeit mit Krämpfen); Lépine (Abszeß des ganzen Stirnlappens) Verweigerung der Antwort, obwohl Patient alles begriff, was man ihm sagte (später gab er Antworten), stumpfen Gesichtsausdruck, Aufregung (der Kranke schrie und warf alles zu Boden, was ihm in die Hand kam), Koma und Tod; Hensch (leichte Atrophie des ganzen Lappens, besonders der oberen Stirnwindung) Neigung zu dummen Scherzen, Sachverderben, Krakehlsucht; Hebréat (Tumor) Idiotismus, Verschlagenheit, Neigung zum Stehlen; Gorland (Schußverletzung und Neubildung) traurige Gemütsstimmung während 18 Monaten; Jastrowitz (2 Abszesse) Geistesabwesenheit mit stumpfem Gesichtsausdruck, Sprachhemmung, die Antworten erfolgten regelrecht, aber nach kurzem Bedenken, der Kranke lag bewegungslos, äußerte weder Klagen noch Wünsche, Herabsetzung der allgemeinen Sensibilität; Selvin (Messerstichwunde durch die Augenhöhle) starke Gedächtnis-

[1]) Larionov, a. a. O.

schwäche, Unfähigkeit zu geistigen Anstrengungen, reizbares Temperament, namentlich nach Alkoholgenuß.

Es handelte sich in diesen Fällen also hauptsächlich um heitere oder trübe Gemütsstimmung bis zu maniakalischer Exaltation (starke Aufregung, Geschwätzigkeit, Zerstörungs- und Krakehlsucht) oder um melancholische Depression und Stupor.

Man erkennt aus den angeführten Fällen, daß Erkrankungen des linken Stirnlappens häufig zu Störungen des Bewußtseins und Intellektes führen, während Erkrankungen des rechten Stirnlappens oft Veränderungen der Stimmung und des Charakters bei ungestörtem Bewußtsein und Intellekt nach sich ziehen. Eine Ausnahme von dieser Regel machen anscheinend die Linkshänder, doch ist die Häufigkeit dieser Ausnahmen viel geringer, als die Häufigkeit der Linkshändigkeit.

Nach der Vermutung Dr. Larionov's ist der rechte Stirnlappen wahrscheinlich das Centrum der psychischen Affekte und Leidenschaften, der primären, flüchtigen Sinnesvorstellungen und der leidenschaftlichen Erregungen, welche aus somatischen (inneren) und äußeren Empfindungen angenehmer und unangenehmer Art entspringen.

Das linke Stirnlappencentrum gelangt dagegen zu starker Ausbildung bei Individuen mit hoher intellektueller Begabung. Es ist das Centrum der Ideen und Gedanken, der Verallgemeinerung der Sachvorstellungen, Begriffe und Affektvorstellungen, welche von dem rechten Stirnlappen ausgehen.

Dieses Centrum ist nach Larionov's Meinung der Sitz höherer psychischer Ingredientien, nämlich des Bewußtseins, des kritischen Verstandes, der Selbsterkenntnis, der Ideation und des vernunftgemäßen Wollens.

Man findet daher bei tiefen Affektionen der Rinde des linken vorderen Assoziationscentrums gewöhnlich Niedergang des Verstandes, der strengen Kritik, der Willenskraft und der ethischen Moral. Diese Affektionen beobachtet man in den Anfangsstadien der progressiven Paralyse und überhaupt bei den schwereren Formen der Demenz und Idiotie. Es kommt hier gewöhnlich zu auffallenden Charakterveränderungen im Sinne des Affektes und der leidenschaftlichen Färbung; das rechte Stirnlappencentrum gelangt dabei gewissermaßen zu voller Wirkung. Tiefe Affektionen des rechtsseitigen Centrums führen bei Rechtshändern zu Störungen der Affektgefühle und des Charakters im Sinne einer Depression ohne Störung des Urteilsvermögens.

Ganz unlängst noch versuchte Möbius[1]) die mathematischen Fähigkeiten bezw. die Anlage zur Mathematik in der mittleren Stirnwindung vor dem Sprachcentrum zu lokalisieren. Eine stärkere Ausbildung dieses Mathematikorgans soll nach seinen Angaben auch in den äußeren Teilen als abnorme Bildung der Stirnecke hervortreten, unter Größenzunahme der die Stirnecke umgebenden Teile, und zwar ganz besonders deutlich auf der linken Kopfseite. Auch die Weichteile sollen dabei stärker auswachsen, die Haut sich verdicken und die Augenbrauen eine auffallende Entwicklung zeigen.

Es ist auch meine Meinung, daß eine totale funktionelle Identität beider Stirnlappen nicht anzunehmen ist. Für die psychischen Tätig-

---

[1]) P. J. Möbius, Über die Anlage zur Mathematik. Leipzig 1900.

keiten hat nach meiner Meinung die linke Präfrontalregion größere Bedeutung, denn sie steht in nächster Beziehung zu dem willkürlichen Sprechen. Doch beschränkt sich die Tätigkeit der rechten Präfrontalregion wohl gewiß nicht auf die Perzeption der Affektgefühle und auf die Erscheinungen des Charakters. An der Bildung des Charakters wird gewiß die Präfrontalregion überhaupt als psychoregulatorisches Rindenfeld einen großen Anteil haben; es liegt jedoch kein hinreichender Grund vor, den Sitz des Charakters ausschließlich in die rechte Präfrontalregion zu legen. Es scheint mir in diesem Fall überhaupt richtiger eine vorwiegende, nicht aber eine ausschließliche Beteiligung der beiden Seiten anzunehmen.

Infolge der ausgedehnten Verbindungen zwischen beiden Präfrontalregionen durch den Forceps anterior der Balkenfaserung kommt es, wie sich von selbst versteht, zu einer mehr oder weniger ausgiebigen Kompensation der Störungen, welche durch Erkrankung eines Stirnlappens gesetzt werden. Man begreift daher, daß bei einseitiger Affektion der Präfrontalregion in einzelnen Fällen charakteristische Veränderungen zwar bemerkt werden können, daß diese letzteren aber weitaus deutlicher hervortreten im Falle der Erkrankung beider Stirnlappen, wie dies auch das Experiment bestätigt.

Mit dieser Bedeutung der Präfrontalregion für die psychischen Leistungen hängt es wohl auch zusammen, daß der motorische Sprachapparat der Rinde, dieses mächtige Werkzeug des menschlichen Gedankens, seinen Sitz hat in der sog. Broca'schen Windung, während die Centra der motorischen Vorstellungen der Körpergliedmaßen, wie wir sehen, im Bereiche der Centralwindungen lokalisiert sind.

P. Marie[1]) bestreitet neuerdings die Lokalisation der motorischen Aphasie in der Broca'schen Windung. Er hält die Häufigkeit der Affektion dieser Windung bei Broca'scher Aphasie für reinen Zufall, bedingt durch Übergang des Gefäßgebietes der Arteria fossae Sylvii auf die untere Stirnwindung. Er kritisiert auch die Lehre von der Wernicke'schen Aphasie. Seine Angriffe sind aber nicht ganz stichhaltig und von mehreren Autoren zurückgewiesen worden.[2])

Was Moebius' Angaben über die Lokalisation der mathematischen Begabung in der mittleren Stirnwindung der linken Hemisphäre betrifft, so führen dieselben auf Gall'sche Auffassungen zurück und sind in wesentlichen Punkten recht heftig angegriffen worden.[3]) Ich kann auf diese Streitfrage hier nicht im einzelnen eingehen, zumal Moebius selbst aus den vorhandenen speziellen Schilderungen der Gehirne großer Mathematiker (Gauss, Dirichlet, Helmholtz usw.) nichts positives zu Gunsten des Mathematikorganes zu eruieren im Stande war. Man wird also für eine so strenge Lokalisation des Mathematiksinnes, wie sie Moebius annimmt, nicht eintreten können. Da jedoch zur Mathematik streng logisches Denken nötig ist, und wir es hier mit einer besonderen Form des abstrakten Denkens zu tun haben, so können gute mathematische Anlagen wohl nicht ohne eine bevorzugte Entfaltung der Präfrontalregion des Gehirns bestehen.

---

[1]) P. Marie, La Semaine méd. 1906, 23. mai.
[2]) Rothmann, Neurolog. Centralbl. 1906, Nr. 15.
[3]) Vgl. z. B. W. Ahrens, Kritische Bemerkungen zu P. Möbius etc. Centralbl. f. Psych., Mai 1910.

Ich kann auf Grund eigener Erfahrung sagen, daß Kranke mit motorischer Aphasie nicht selten die Fähigkeit selbst zu ganz einfachen mathematischen Berechnungen schriftlicher oder mündlicher Art verlieren. Ich beobachtete auch einen Fall von isolierter Störung der mathematischen Begabung in einem Fall von Aphasie, als die Sprache schon in Restitution begriffen war.[1])

Man darf daraus schließen, daß die Tätigkeit des Sprachcentrums von wesentlicher Bedeutung ist für das mathematische Denken. Man kann sich daraus auch einen Begriff machen, warum bei Mathematikern in einigen Fällen wirklich die Ausbildung der linken dritten Stirnwindung so auffällt; denn diese enthält bekanntlich das Sprachcentrum.

Mit der Bedeutung der Präfrontalregion für die höheren psychischen Verrichtungen hängt die anatomische Tatsache zusammen, daß diese Rindenregion höchstens ganz unbedeutende Verbindungen mit den subkortikalen Formationen hat, während ihre Assoziationsbahnen zu den hinteren Rindenpartien eine außerordentlich reiche Entfaltung aufweisen.

Hieraus ergibt sich ohne weiteres die große Bedeutung der Assoziationsbahnen für die psychischen Leistungen. Von ihnen soll hier nun die Rede sein.

5. Die Assoziations-Systeme.

a) Anatomisches Verhalten.

Man hat in anatomischer Beziehung zu unterscheiden:

1. Bahnen zwischen zunächstgelegenen Windungen (innere und äußere kurze Systeme);

2. Bahnen zwischen entlegenen Windungen; endlich

3. Kommissuren bezw. Bahnen, welche homonyme (symmetrische oder asymmetrische) Stellen der Gehirnrinde beider Hemisphären unter einander verbinden.

Übrigens sind viele Assoziationssysteme, namentlich die von langem Verlaufe, in anatomischer Beziehung noch weitaus nicht hinreichend bekannt. Aus meinem Laboratorium liegt eine neue Bearbeitung dieses Gegenstandes vor (Troschin, Agadžanjanz), welche dartut, daß im Gehirn hauptsächlich die mittleren und kurzen Assoziationssysteme gut entwickelt sind. Zu den mittellangen gehören vor allem zwei Faserzüge, welche den Stirnlappen mit der sensitiv-motorischen Zone in Verbindung setzen. Der eine davon liegt in der Tiefe des Markweißes, der zweite im Fasciculus subcallosus. Sodann gehört hierher ein besonderer Faserzug, welcher den Schläfenlappen mit der Außenfläche des Hinterhauptlappens verbindet, analog dem unteren Längsbündel.

Daß in diesem Bündel auch Projektionsbahnen verlaufen (Flechsig), bleibt dabei unbestritten. Es enthält also einerseits ein temporo-occipitales Assoziationssystem und andererseits Projektionsfasern, welche die Rinde mit dem Thalamus verbinden.

Aufzunehmen sind ferner Verbindungen zwischen dem Parietallappen und den davor belegenen Rindenregionen durch den Fasciculus sub-

---

[1]) Bechterew, Wiss. Vers. d. Psych. Klinik zu St. Petersburg 1895.

callosus, sowie Verbindungsbahnen der Occipitotemporalregion und den davor befindlichen Rindenpartien.

Sodann kommen, wie es scheint, Assoziationsbahnen vor, welche die motorische Zone und den Scheitellappen mit den unteren-äußeren Hemisphärenfeldern verbinden.[1])

Auf Grund der Befunde meines Laboratoriums (Agadžanjanz) ergaben sich weiterhin Verbindungen des Sehcentrums an der Innenfläche des Hinterhauptlappens mit der Außenfläche der Hemisphärenrinde (was mit den Angaben von Vialet übereinstimmt), sowie Bahnen von letzterer zur Außenfläche des Stirnlappens.

Die übrigen Rindenverbindungen kommen durch kurze Systeme zu Stande, welche von einer Windung zur anderen als bogenförmige Züge innen und außen verlaufen (nach unseren und Kaes[2]) Befunden). Am reichsten entfaltet sind diese kurzen Systeme im sog. hinteren Assoziationscentrum von Flechsig.

Außerordentlich üppig entwickelt sind die kurzen Assoziationssysteme auch, wie schon früher erwähnt wurde, in der Präfrontalregion, die als psychoregulatorisches Organ funktioniert, sowie beim Menschen im Gebiete der Insel, letzteres wohl infolge der Ausbildung des Sprachapparates. Es muß übrigens hier nochmals bemerkt werden, daß die Assoziationscentra, namentlich das hintere, nicht allein von Assoziationsbahnen okkupiert sind, sondern auch Projektionsleitungen aufweisen, welche motorische Impulse von diesen Rindenfeldern den tieferen subkortikalen Formationen übermitteln. Ebenso enthalten auch alle Sinnesfelder der Gehirnrinde außer Leitungsfasern immer auch eine gewisse Anzahl Assoziationsbahnen.

b) Die Funktion der Assoziations-Systeme.

Das Vorhandensein der Assoziationsbahnen bildet im allgemeinen ein Charakteristikum der Gehirnrinde und erklärt uns die assoziative Tätigkeit der verschiedenen Rindenprovinzen, ohne welche eine komplizierte Geistesarbeit überhaupt nicht zu Stande kommen könnte.

Vergleicht man jedoch die Zahl der Assoziationsfasern im Bereiche der Assoziationscentra mit ihrer Verbreitung in den sensitiv-motorischen Rindenfeldern, so ergibt sich dort ein sehr wesentliches Vorwiegen derselben. Entsprechend fällt die Zahl der Projektionsfasern im hinteren und zumal im vorderen Assoziationscentrum weitaus erheblicher aus, als im Bereiche der sensitiv-motorischen Rindenfelder.

Bei Gelegenheit der Beurteilung der Versuchsergebnisse betreffend die motorischen Rindencentra wurde schon darauf hingewiesen, daß die psychisch-bedingten Bewegungen unter Kontrolle von Sinnesperzeptionen zu Stande kommen.

Die Hauptrolle spielen in dieser Beziehung Haut- und Muskelperzeptionen. Sie sind ausnahmslos allen Bewegungen koordiniert; nie kommen psychisch bedingte Bewegungen anders zu Stande, als unter Leitung taktiler und Muskelperzeptionen.

---

[1]) Troschin, Über die Assoziationssysteme der Hemisphären. Dissert. 1903. Festschr. f. Bechterew 1903.

[2]) Bechterew, Leitungsbahnen, Bd. 2.

Nicht gering ist aber für die Entstehung der psychisch bedingten Bewegungen auch die Bedeutung optischer und akustischer Empfindungen und Vorstellungen, mit denen die meisten Bewegungen koordiniert sind. Besonders ausgesprochen ist die Koordination der Kopf- und Augendrehungen mit optischen, der Ohrenbewegungen mit akustischen Empfindungen. Auch mit Geruchsempfindungen koordinieren sich einige Bewegungsakte. wie z. B. die Schnauzenbewegungen beim Beriechen und Schnuppern. Den Geschmacksempfindungen endlich sind die Bewegungen der Lippen, der Zunge, der Kau- und Schluckbewegungen speziell koordiniert.

Andererseits tragen wieder die Bewegungen zum Zustandekommen einer exakteren Sinnesperzeption das ihrige bei. So z. B. hängt die genauere Lokalisation der Tast- und Muskelempfindungen ab von den Gliedmaßenbewegungen; die Lokalisation optischer Vorstellungen vollzieht sich unter Einfluß von Augen- und Kopfbewegungen, zum Teil auch von den Arm- und Beinbewegungen; die Lokalisation der Gehörsempfindungen steht vor allem in Abhängigkeit von den Ohrmuschelbewegungen (bei Tieren) und von Kopfbewegungen; die Lokalisation der Geruchs- und Geschmacksempfindungen hängt zusammen mit Muskelkontraktionen, welche die Richtung der Nase und der Nasenöffnungen verändern, sowie von Zungen- und Lippenbewegungen.

Wir finden also überall eine wechselseitige Koordination der Bewegungen mit den entsprechenden Empfindungen und umgekehrt.

Demzufolge muß die Reizung der Sinnescentra durch Psychoreflex entsprechende Bewegungen auslösen, und andererseits werden Erregungszustände bestimmter Bewegungscentra entsprechende Empfindungen hervorrufen, welche die Bewegungen begleiten.

Diese gegenseitige Koordination der Sinnesperzeption mit den motorischen Impulsen und umgekehrt kommt unzweifelhaft durch die Assoziationsbahnen der Gehirnrinde zu Stande.

Nehmen wir an, es handle sich um einen von einem eßbaren Gegenstand ausgehende optische Erregung (Fig. 433). Am primären optischen Rindencentrum angelangt, wird diese Erregung dem psychischen Sehcentrum übermittelt, und von hier gehen dann durch die Vierhügelregion Impulse zu den Augenmuskeln, welche das Auge auf das äußere Objekt einstellen helfen. Diese Augapfelbewegungen werden als entsprechende Tast-Muskelempfindungen in den Sinnescentren der Rinde perzipiert, und von hier gelangen neue Impulse zum psychischen Sehcentrum, wo sie neben dem eigentlichen Seheindruck optisch-motorische Abdrücke oder Vorstellungen erzeugen. Vom psychischen Sehcentrum gehen dann Impulse zu dem frontalen Augenbewegungscentrum, welches eine willkürliche Betrachtung des äußeren Objektes und die Ausbildung einer genaueren Vorstellung von demselben ermöglicht. Unterhalten wird das Betrachten des eßbaren Gegenstandes in erster Linie durch den vom Magen ausgehenden Hungerreiz, welcher die Rinde der Centralwindungen und weiterhin sekundär den Stirnlappen erreicht, von wo Impulse dem frontalen Augenbewegungscentrum mitgeteilt werden.

Es ergibt sich aus dem Bisherigen, daß der Ernährungsprozeß zu Stande kommt durch assoziative Tätigkeit der Gehirnrinde unter Mitbeteiligung subkortikaler Centra. Der Prozeß ist jedoch in Wirklichkeit viel komplizierter, denn der nervöse Mechanismus der Ernährung be-

steht aus einer ganzen Reihe kortikaler und subkortikaler Centra. Unter den Rindencentren handelt es sich zunächst um das Geschmackcentrum, sowie um das Centrum für die organischen Eindrücke des Hungers; ferner kommen hier in Betracht die Centra für Ergreifen und Zerkleinern der Nahrung, für Schlucken, Magen- und Darmbewegungen, Speichelsekretion, Magensaftsekretion usw. In Verbindung miteinander verwirklichen alle diese Centra die Funktion der Ernährung unter aktiver Beteiligung subkortikaler, der gleichen Funktion dienenden Centra.

Bei diesem Standpunkt fällt natürlich die Annahme eines besonderen „Ernährungs“-Centrums fort, welches J. Pavlov[1]) neuerdings entdeckt haben will. Nach meiner Auffassung gibt es weder in der Rinde, noch sonst wo im Nervensystem ein eigenes „Ernährungs“-Centrum. Es handelt sich vielmehr um einen komplizierten Mechanismus, bestehend aus einer Reihe mit einander assoziierter kortikaler und subkortikaler Centra, die in ihrem Zusammenwirken der Funktion der Ernährung dienen, an der außer dem Geschmacksinn auch das Sehen, Riechen, Hören aktiv beteiligt sind.

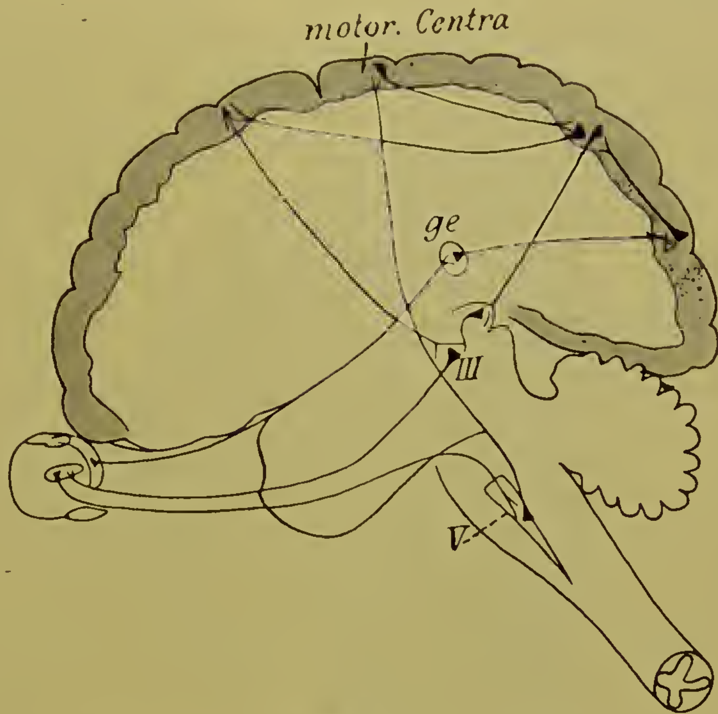


Fig. 433.
Schema des menschlichen Gehirns. Es sind eingezeichnet: die optische Bahn, die sensiblen Bahnen des Auges, die optisch-motorischen Bahnen durch den vorderen Vierhügel, die Assoziationsverbindungen des Sehcentrums mit den sensiblen und motorischen Rindencentren; ferner die sensiblen Bahnen vom Auge zur Rinde, sowie die Verbindungen des Stirnlappens mit dem sensiblen Magencentrum und mit dem Centrum der Augenbewegungen.

Auf einer Unterbrechung der Assoziationen beruhen auch die häufigen Fälle von Störung des stereognostischen Gefühls, welches den Akt des Befühlens voraussetzt. Dieses Gefühl setzt sich, wie schon früher dargelegt, zusammen aus Assoziation und psychischer Verarbeitung von Haut- und Muskelempfindungen mit den entsprechenden motorischen Vorstellungen. Es handelt sich in diesen Fällen also um die direkte Folge einer Störung der assoziativen Verbindungen zwischen den Centren der Haut- und Muskelempfindungen und den Centren der Bewegungsvorstellungen.

Vermöge den bestehenden Assoziationsbahnen werden ferner Sinnes-

[1]) Pavlov, Verhandl. d. Gesellsch. Russ. Ärzte, Oktober 1910.

impulse, welche in der sensitiv-motorischen Zone der Gehirnrinde auftauchen, an funktionell übergeordnete psycho-sensitive Gebiete und an die Symbol- oder Wortsinnescentra der Rinde weitergegeben und gelangen dann zu der psycho-regulatorischen Präfrontalregion, von wo die neuro-psychische Welle an die motorischen Centra (Willensimpulse) und an die psycho-sensiblen Rindencentra (willkürliche Aufmerksamkeit) reflektiert wird.

Das System der Assoziationsbahnen bildet ferner die Grundlage der Impulsübertragung von einem sensitiv-motorischen Centrum auf andere, so z. B. vom Seh- zum Hörcentrum, vom Riech- zum Sehcentrum usw.

Wenn in zwei Sinnescentren der Gehirnrinde gleichzeitig oder nacheinander Erregungszustände auftreten, so braucht, vermöge des Bestehens von Assoziationsbahnen, später nur einer von den beiden Reizen wiederholt zu werden, um konsekutiv den Perzeptionsabdruck im anderen Sinnescentrum psycho-reflektorisch zu beleben.

Ganz besonders instruktiv erschienen in dieser Beziehung Versuche über die sog. bedingten (Pavlov), von mir als assoziative bezeichneten Reflexe. In Pavlov's Laboratorium werden diese Reflexe im Gebiete der Speichelsekretion studiert, in meinem Laboratorium im Gebiete der Motilität. Bei dem bedingten Speichelreflex haben wir es mit äußerst komplizierten Erscheinungen zu tun, wenigstens bei der in Pavlov's Laboratorium angenommenen Versuchsanordnung. Dort experimentiert man bekanntlich in der Weise, daß man einem Hunde mit Speichelfistel eine 0,5—0,25 proz. Salzsäurelösung mittels Pipette oder Spritze einführt bei gleichzeitiger Applikation eines anderen Außenreizes (Schall-, Licht-, Hautreiz). Wiederholt man dies mehrmals, so sezerniert das Tier schließlich schon auf den bloßen Schall-, Licht- oder Hautreiz, je nachdem welcher von ihnen mit dem Säurereiz kombiniert wurde. Die Sache liegt anscheinend recht einfach. Bedenkt man aber, welche Reize bei der Einführung der Säurelösung wirksam sind, so erweist sich die Erscheinung als eine höchst komplizierte. In Betracht kommt hier zunächst das gewaltsame Öffnen des Mundes (häufig verbunden mit Kompression der Lippen[1]), welches das Tier zu Abwehrbewegungen anregt. Das Eingießen der Flüssigkeit ergibt außer Geschmackreiz noch einen mechanischen Reiz (von dem Flüssigkeitsstrom) und außerdem einen Temperaturreiz; dazu kommt der optische Reiz des Experimentators und seiner Hände. Nach der Säureapplikation wird, behufs Vermeidung von Stomatitis (welche trotzdem nicht selten eintritt) der Mundraum mit großen Flüssigkeitsmengen gespült, welche das Tier dabei häufig verschluckt. Alles dies trübt natürlich die Reinheit des Versuches, da ja die verschiedenen Fremdreize großen Einfluß auf die bedingten Reflexe üben. Dazu kommt, daß die Säure an und für sich kein ganz reines Geschmacksreizagens ist, denn sie wirkt nicht nur als Geschmackstoff, sondern auch ätzend.

Zudem hat auch der gewöhnliche Speichelreflex, in dessen Verbindung der „bedingte“ Reflex ausgebildet wird, keine absolute Konstanz, sondern unterliegt gewissen Schwankungen.

Um alle diese Fehler zu vermeiden, modifizieren wir in unserem

[1]) Vgl. Durmakin, S. 27.

Laboratorium die Methode in der Weise, daß, nachdem die Speichelgänge nach außen geführt und ihre Mündungen mit Glasröhrchen verbunden sind, noch eine künstliche Fistel seitlich vom Oberkiefer angelegt wird (Fig. 434); durch diese wird ein Metallrohr mit zwei Kanälen eingeführt und diese mit zwei Gummischläuchen verbunden, an deren Enden ein Trichter angebracht ist. Durch eine der Röhren wird das speicheltreibende Geschmackreizagens eingeführt, durch die zweite Wasser zur Mundspülung, beides von der Temperatur der Mundhöhle des Tieres. Dies bietet eine wesentliche Vervollkommnung der Methode, welche



Fig. 434.
Hund mit Fistel zur Einführung von Geschmacklösungen.
×× Rohre, durch welche die Lösung eingeführt wird.

viele Komplikationen derselben beseitigt. Unklar bleibt aber trotzdem dabei der Weg der auf diese Weise bei dem Tiere gebildeten Assoziationsreflexe. Pavlov ist der Meinung, daß die bedingten Reflexe vom Auge oder Ohr direkt dem Speichelcentrum des Verlängerten Markes übermittelt werden. Ich nehme dagegen an, daß wenigstens unter natürlichen Bedingungen, wenn die vorhin erwähnten Komplikationen fortfallen, die kortikalen Speichelcentra bei dem Reflex beteiligt sein müssen, aber mit der Zeit durch subkortikale Speichelcentra kompensiert werden können (unter diesen sind, wie Dr. Spirtov in meinem Laboratorium gezeigt hat, auch solche im Thalamus zu unterscheiden). So lange eine Einigung hierin nicht besteht, können die

mit dem bedingten Speichelreflex erzielten Befunde nicht zur Klarlegung der Bedeutung der Assoziationssysteme des Gehirns verwertet werden. Ich werde daher nur die Ergebnisse meines Laboratoriums über diese Reflexe hier behandeln. Sie werden nämlich, nach den experimentellen Befunden, durch Assoziationsbahnen des Gehirns übermittelt. Dabei ist der Bewegungsreflex durchaus nicht so kompliziert, wie der Speichelreflex, und dies hebt alle die Zweifel auf, von denen vorhin die Rede war.

Bei der vorhin für Tiere geschilderten Versuchsanordnung kann der assoziative Bewegungsreflex ohne weiteres auch beim Menschen studiert werden. Zu diesem Zweck hat man in meinem Laboratorium (Dr. Molotkov) eine besondere Vorrichtung für die Fußsohle konstruiert, an welche durch eine Feder zwei Metallstifte angedrückt werden, welche als Elektroden eines Induktionsapparates dienen. Der Strom kann mittels eines Schlüssels in jedem Augenblick appliziert werden und erzeugt den gewöhnlichen Fußsohlenreflex. Mit diesem gewöhnlichen Reiz läßt sich leicht jeder beliebige andere (Schall-, Licht-, Wärme usw.) Reiz kombinieren und man kann dann das Auftreten assoziativ-motorischer Reflexe in Form des Fußsohlenreflexes auf Schall-, Licht-, Wärme- usw. Reize direkt beobachten.

Da schon aus früheren Untersuchungen meines Laboratoriums (Dr. Protopopov) mit Sicherheit hervorging, daß im erzogenen Assoziationsreflex die motorische Antwortreaktion durch Vermittlung der motorischen Centra zu Stande kommt, während die Perzeption der assoziierten Reize (wenigstens für Schall, Licht und Berührung) in den kortikalen Perzeptions- und sog. Sinnescentren stattfindet, deren Lokalisation jetzt wohl bekannt ist, so muß der motorische Assoziationsreiz von statten gehen durch Vermittlung der Assoziationsfasern, welche diese Perzeptions- oder Sinnescentra mit den Bewegunscentren der Rinde verbinden. Das Studium der assoziativ-motorischen Reflexe führt also zur Erkenntnis der assoziativen Tätigkeit der Gehirnrinde. Es erscheint daher von wesentlicher Bedeutung, die unterscheidenden Momente zwischen assoziativen und gewöhnlichen Rinden- und anderen Reflexen kennen zu lernen; erstere haben in manchen Punkten gemeinsame Merkmale mit dem bedingten Speichelreflex, ich beabsichtige hier aber nicht, eine vollständige Vergleichung beider durchzuführen. Die in dieser Beziehung erzielten Befunde meines Laboratoriums über assoziative Reflexe auf Schall (Protopopov), Licht und Farbe (Molotkov, Walker), Haut- und mechanische Reize (Israelson), Geschmack (Golant) führen zu folgenden Schlüssen[1]):

Selbst wenn bei der Erziehung des assoziativ-motorischen Reflexes der Grundreiz (im vorliegenden Fall Elektrizität) zeitlich nicht mit dem Assoziativreiz (ich verstehe darunter jeden anderen kombinierten Reiz, der an und für sich den gewöhnlichen Reflex nicht auslöst) zusammenfällt, entwickelt sich der künstlich erzogene Assoziativreflex stets im Anfang des Assoziativreizes, was beweist, daß er Folge ist der Assoziation dieses letzteren mit den Spuren des gewöhnlichen Re-

---

[1]) Einige von den gewöhnlichen Reflexen sind sicher Rindenreflexe. Hierher gehört z. B. der Nagel- und Haarreflex des Hundes, welcher nach Abtragung der Rinde des Gyrus sigmoideus stets erlischt.

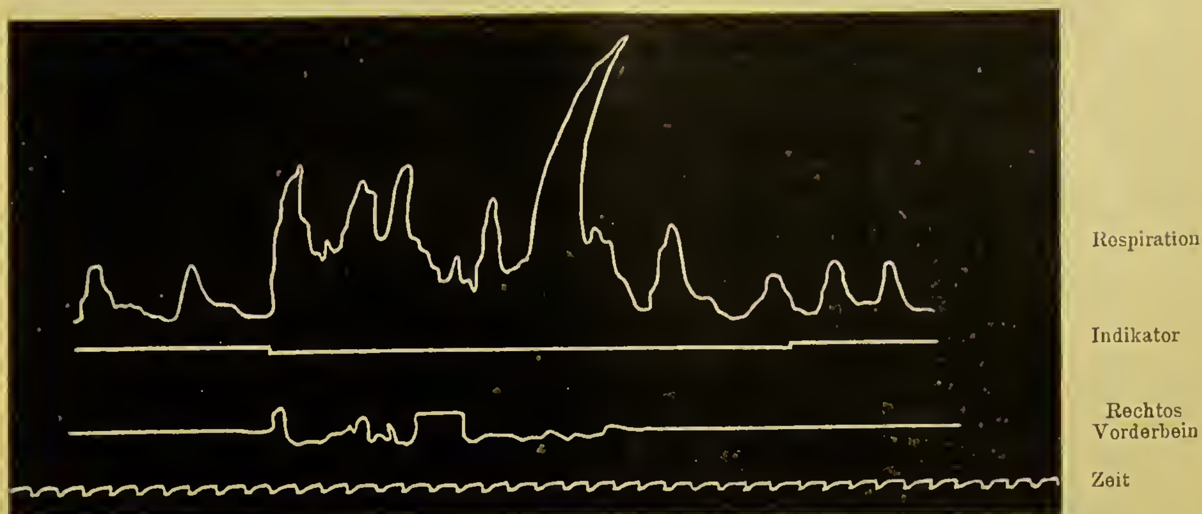


Fig. 435.
Erlöschen des Assoziationsreflexes beim Hunde. Grundreiz 600 Schwingungen ohne Hautreiz, 20 Sekunden lang. Deutlicher assoziativ-motorischer Reflex auf Atmung und Pfote.

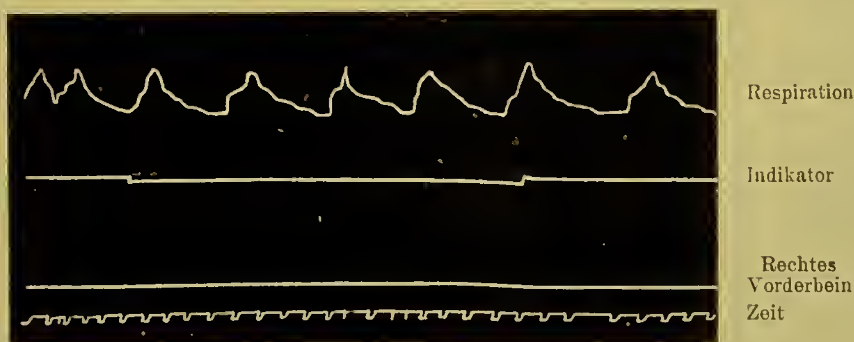


Fig. 436.
Derselbe Hund. Nach jeder dritten Minute Anklingen des Grundtones während 20 Sekunden ohne Assoziation mit dem Hautreiz. Die Wirkung wurde jedesmal schwächer, beim 14. Mal blieb jeder Effekt aus. An der Abbildung erkennt man den so erloschenen Assoziationsreflex auf Grundton von 600 Schwingungen.

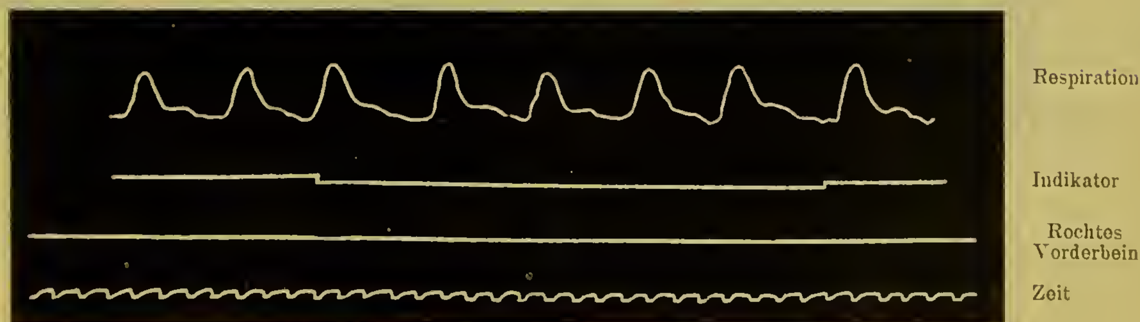


Fig. 437.
Derselbe Hund. Die Reizung mit Fremdton von 464 Schwingungen bleibt ebenfalls wirkungslos.

flexes, dessen Belebung eben den Reflex hervorruft. Eine weitere Besonderheit des künstlich erzogenen assoziativ-motorischen Reflexes ist seine relative Labilität und seine Neigung zum Erlöschen bei Wiederholung des Reizes unter gleichen Bedingungen (Fig. 435, 436, 437).

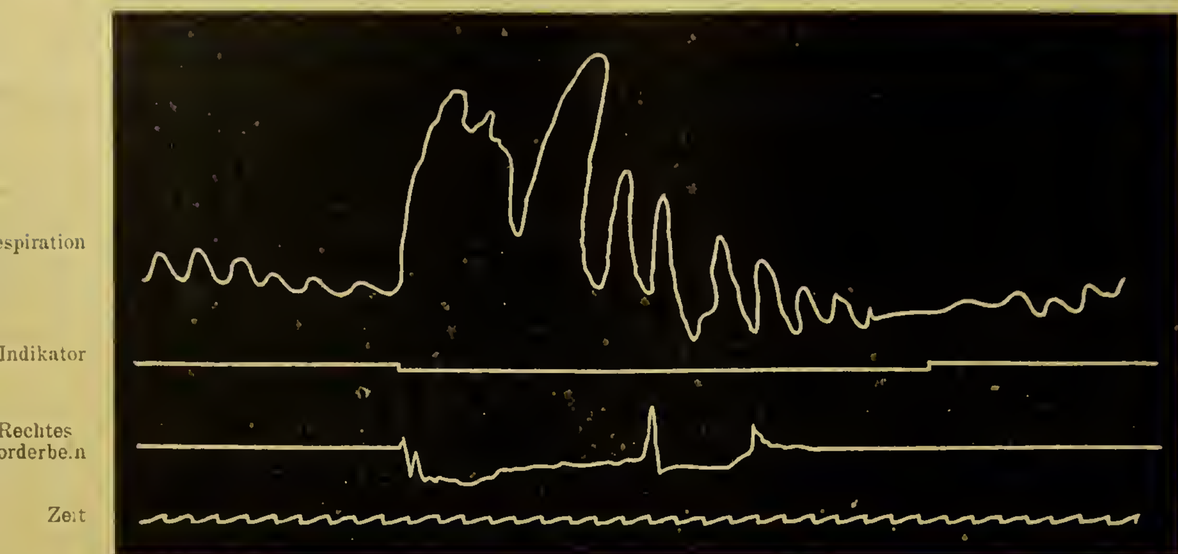


Fig. 438.
Hund. Der Grundton von 600 Schwingungen ergab ohne Verstärkung durch den Grundreiz wieder den Assoziationsreflex auf Atmung und Pfote.

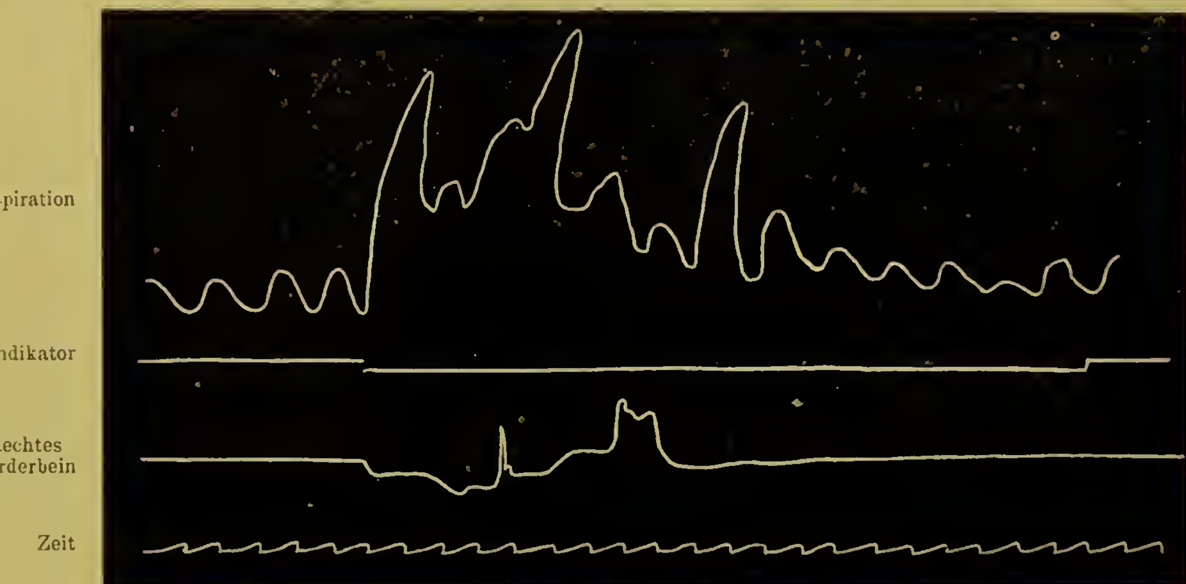


Fig. 439.
Nach 3 Minuten wird ein Ton von 530 Schwingungen angegeben. Ebenfalls deutliche Reaktion der Atmung und Pfote. Vgl. Fig. 15.

Jedoch ist der Reflex nach seinem Erlöschen belebungsfähig (Fig. 438, 439, 440, 441). Er kann durch von Zeit zu Zeit wiederholte Assoziation auf einer bestimmten Höhe erhalten oder nach seinem Erlöschen durch solche Reizkombination wieder wachgerufen werden.

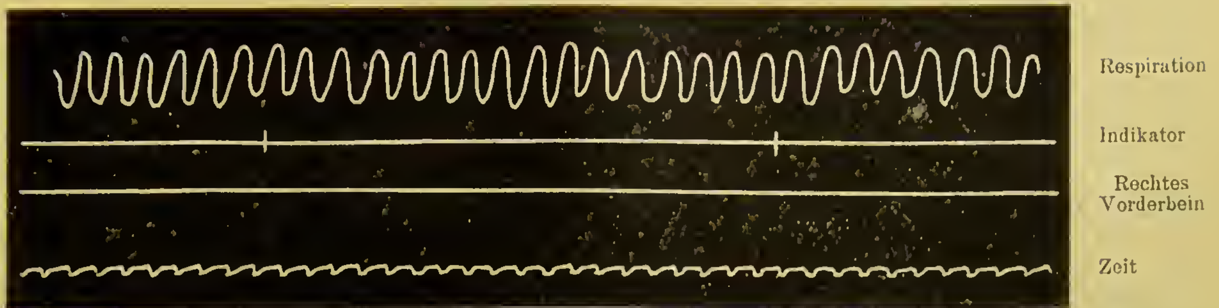


Fig. 440.
Nach 10 maliger Angabe eines Tones von 530 Schwingungen verschwindet der Reflex gänzlich.

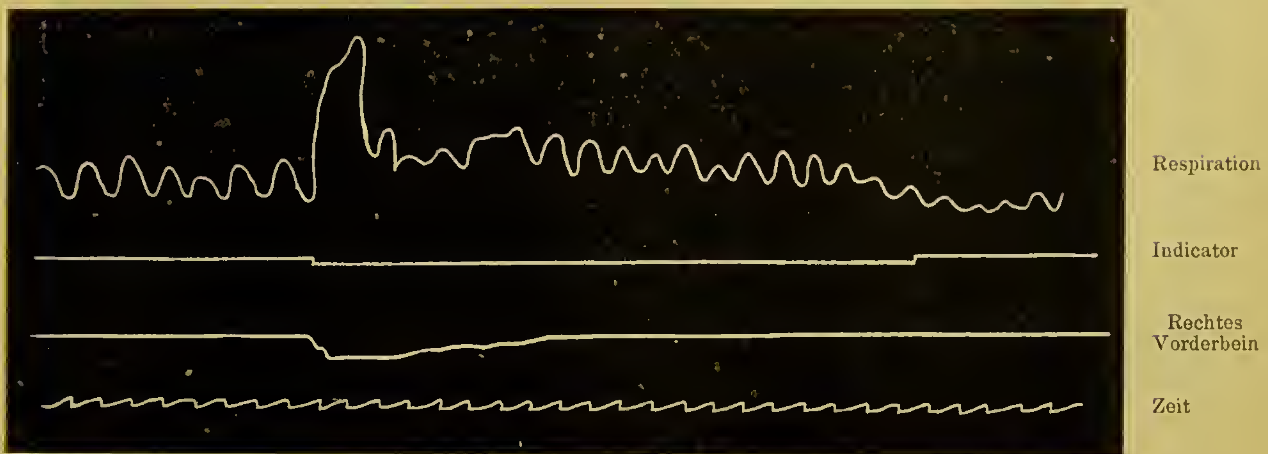


Fig. 441.
Erneute Angabe des Grundtones von 600 Schwingungen. Die Assoziativreaktion tritt nun ein, wenn auch schwach. Vgl. Fig. 17.

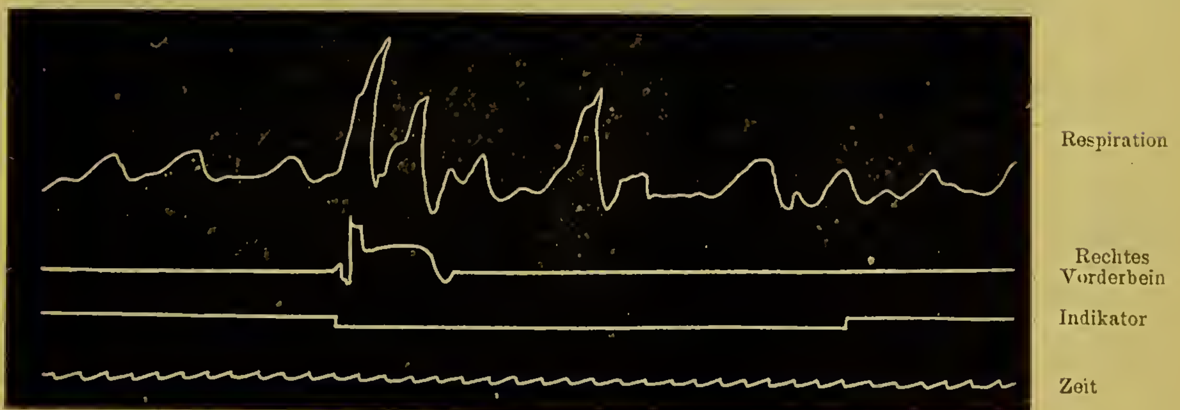


Fig. 442.
Undifferenzierter assoziativ-motorischer Reflex. Erste Reizapplikation. Angabe eines Grundtones von 600 Schwingungen während 20 Sekunden, auf welchen der Reflex erzogen wurde.

Anfangs ist der Reflex nach seiner Entstehung noch indifferenziert in dem Sinne, daß ein beliebiger Reiz derselben Art ihn hervorrufen

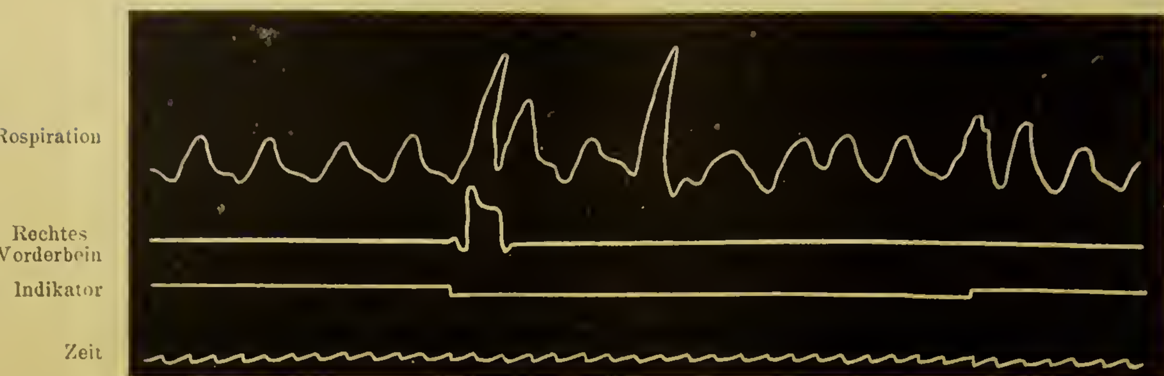


Fig. 443.
Nach 5 Minuten zweite Reizapplikation mit Ton von 562 Schwingungen. Die Reflexerscheinungen die gleichen, nur kehrt die Atmung schneller zur Norm zurück.

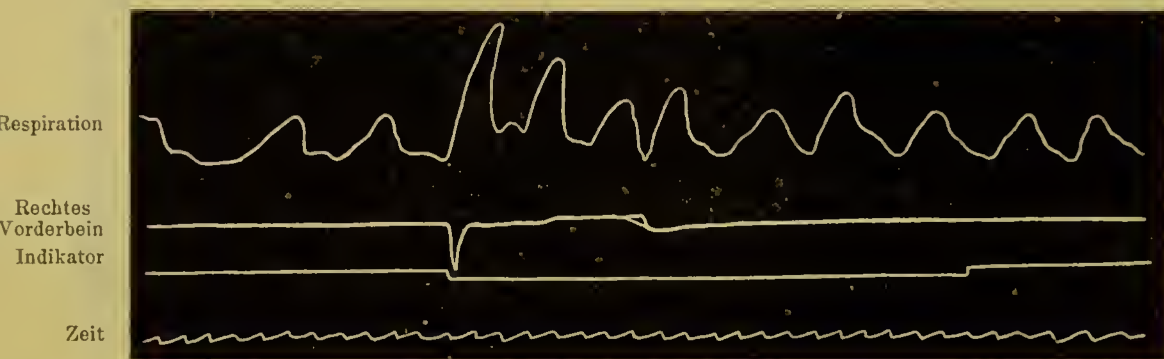


Fig. 444.
Nach 5 Minuten dritte Reizung mit Ton von 632 Schwingungen. Wirkung die gleiche, aber Periode noch kürzer.

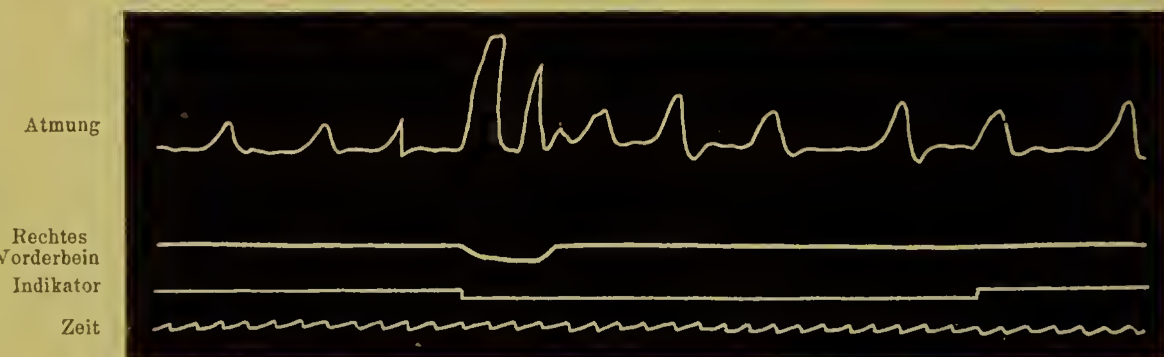


Fig. 445.
Nach 5 Minuten vierte Reizung mit Ton von 530 Schwingungen. Wirkung tritt im ersten Augenblick der Tonangabe ein, die Intensität derselben aber noch geringer.

kann (Fig. 442, 443, 444, 445, 446); erst allmählich, im Laufe weiterer Erziehung wird er streng differenziert, d. h. er erwacht dann stets nur

auf einen bestimmten Reiz. Wenn wir z. B. durch Assoziationen mit dem elektrischen Hautreiz den Assoziativreflex auf einen bestimmten Ton eines gegebenen Instruments erziehen, so entsteht anfangs der neuerzogene Reflex beim Anklingen eines jeden beliebigen anderen

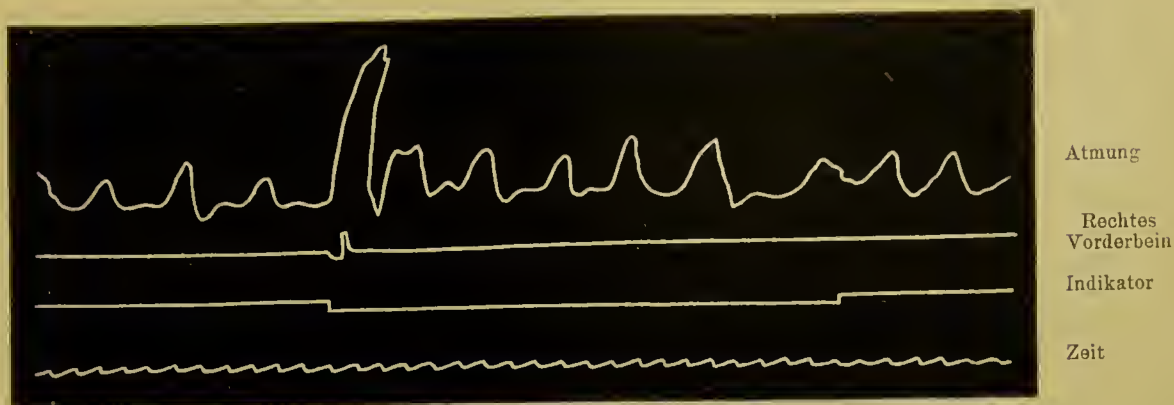


Fig. 446.
Nach 5 Minuten fünfte Reizung und zwar mit dem Grundton. Wirkung fast von derselben Intensität wie im vorigen Fall, aber schwächer als zu Beginn des Versuches.

Tones (Fig. 438, 439, 442—446); so ist es auch mit dem Reflex auf Farben usw. Wenn wir aber den Reflex auf Ton oder Farbe durch Assoziationen mit dem Grundreiz unterstützen, den Reflex auf andere Töne oder Farben nicht unterstützen, so erziehen wir dadurch im Laufe

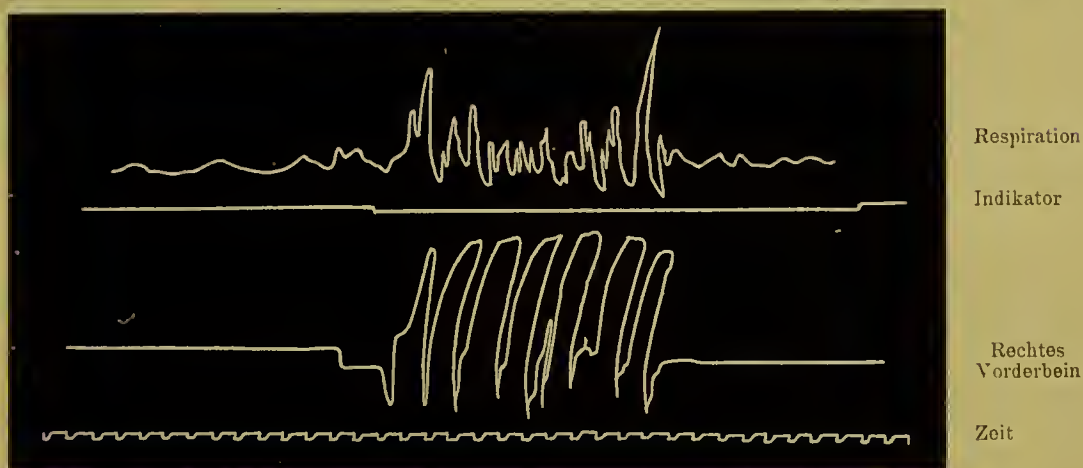


Fig. 447.
Angabe des Grundtones (564 Schwingungen) ohne Verstärkung durch den Hautreiz. Während der Tonangabe die gewöhnliche assoziative Reaktion.

der Zeit einen streng differenzierten Assoziativreflex, welcher stets nur auf einen bestimmten Ton (Fig. 452, 453) oder auf eine bestimmte Farbe auftritt.

Bei der Erziehung differenzierter Assoziativreflexe beobachtet man eine gewisse Gesetzmäßigkeit, welche bezüglich der Schallreize darin sich äußert, daß anfänglich jeder Ton von beliebiger Klangfarbe den

Reflex hervorruft; dann hören Töne von anderer Klangfarbe als die ursprüngliche auf, den Reflex früher hervorzurufen, als Töne von anderer Höhe, aber von gleicher Klangfarbe, auf welche der Reflex erzogen wurde (Protopopov, Fig. 447, 448, 449). Die Differenzierung des Reflexes schreitet also vom Allgemeinen zum Speziellen fort.

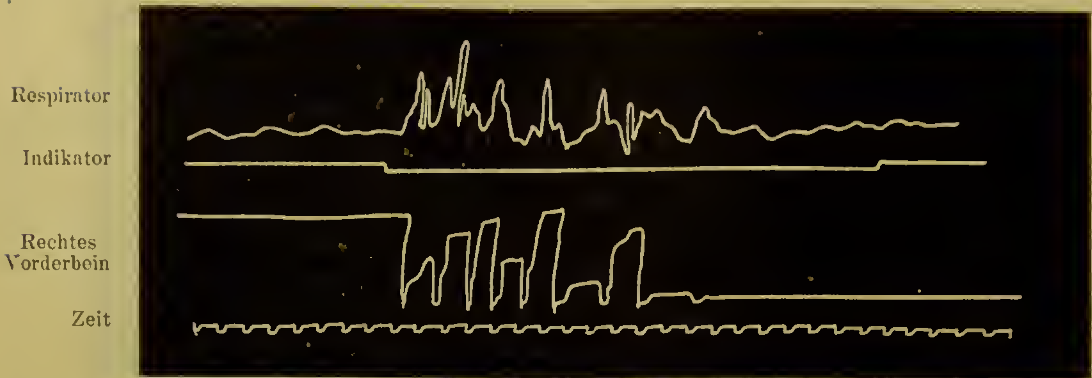


Fig. 448.

Derselbe Hund. Angabe eines Tones von 632 Schwingungen. Da eine Differenzierung des Reflexes noch nicht eingetreten ist, hat der entstehende Assoziativreflex den gleichen Typus.

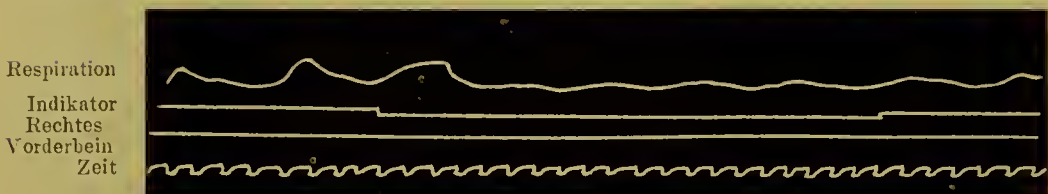


Fig. 449.

Derselbe Hund. Angabe eines dem Grundton von 564 Schwingungen des Appunschen Apparates entsprechenden Tones auf der Violine, auf welchen der Assoziativreflex erzogen wurde. Man erzielt nur Atmungshemmung.

Man erkennt ferner bei der Erziehung assoziativ-motorischen Reflexes die Erscheinung der Induktion, darin bestehend, daß wenn man nach Erlöschen des Reflexes auf Fremdtöne dem Tier am anderen Tage dieselben Töne gibt, der Reflex eintritt; gibt man aber dann den Grundton, so verschwindet der Reflex auf diese Fremdtöne sogleich (Fig. 450 und 451). Bei der Funktion des Reflexes vollzieht sich seine Differenzierung im allgemeinen viel schneller, als unter gewöhnlichen Bedingungen seines Erlöschens mittels Wiederholung des Tones in gleichen Zeitintervallen.

Nach Erziehung eines differenzierten Reflexes (Fig. 452) rufen Fremdtöne nicht nur keine Extremitätenbewegung hervor, sondern sie wirken auf die Atmung sogar hemmend im Sinne einer Verlangsamung und Abflachung der Respirationswelle (Fig. 453). Bei regelmäßiger Atmung dagegen wirken Fremdtöne gewissermaßen regulierend im Sinne einer Ausgleichung der Unregelmäßigkeiten des Atmungsrhythmus.[1])

[1]) Protopopov, Dissert., S. 102.

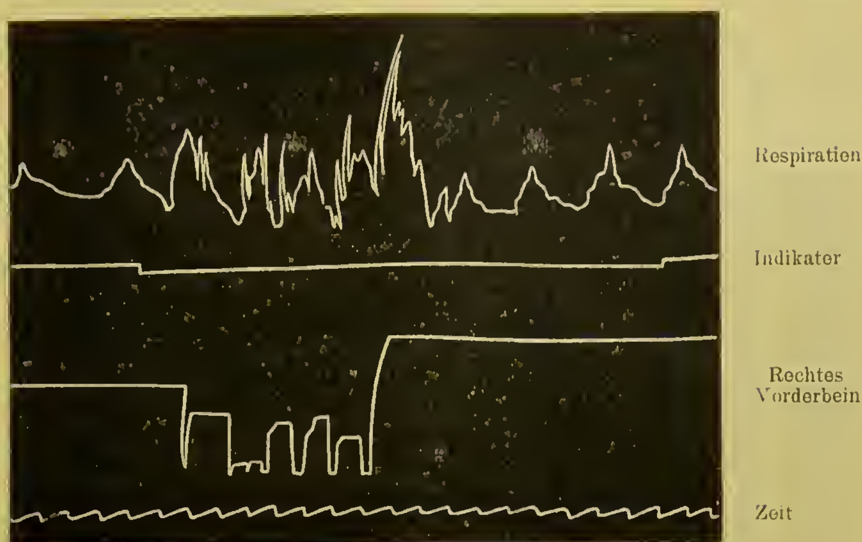


Fig. 450.

Tags vorher wird die Reaktion auf Ton von 632 Schwingungen zum Erlöschen gebracht, gegen Ende des Versuches war eine Reaktion auf diesen Ton bereits nicht vorhanden. Tags darauf erzeugte derselbe Ton den Assoziationsreflex. Nach 2 Minuten gab man den Grundton ohne Unterstützung und erzielte den gleichen Reflex.

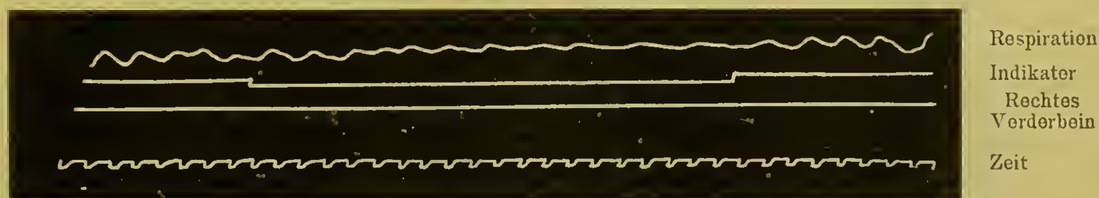


Fig. 451. Zwei Minuten später Angabe eines Tones von 632 Schwingungen. Es tritt nur Atmungshemmung ein.

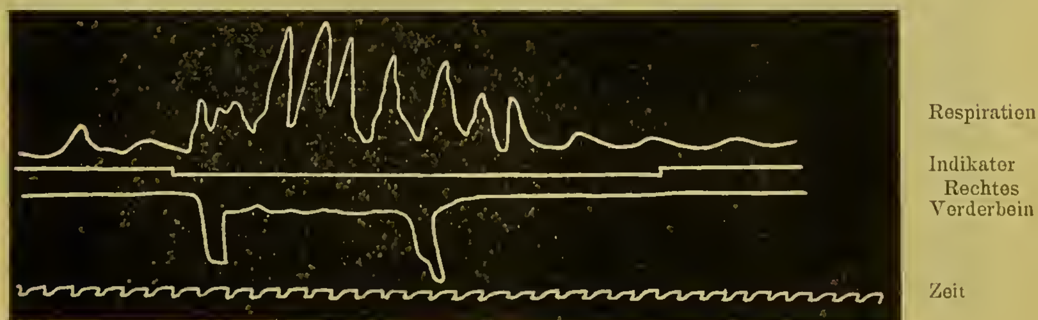


Fig. 452. Assoziative Reaktion auf den Grundton.



Fig. 453. Hund. Hemmungswirkung auf die Atmung durch Fremdton von 498 Schwingungen nach Differenzierung des assoziativen Reflexes.

Die Feinheit der Differenzierung bezüglich der Assoziativreize ist eine ungleiche je nach Charakter und Qualität des Reizes. Auf Tonreize geht die Differenzierung nach den Befunden von Protopopov bis auf $^1/_7$ Ton.

Zu erwähnen sind ferner die Hemmungserscheinungen im Verlauf der Assoziativreflexe.

Neue Reize wirken gewöhnlich hemmend auf diese Reflexe. Starke Reize wirken dabei sofort hemmend; wenn man schwache Reize vielfach mit dem Grundreiz, auf welchen der Reflex erzogen wurde, kombiniert, so erzielt man eine Dauerhemmung; später wirken auch die schwachen Fremdreize hemmend, während der Grundreiz für sich allein den Reflex hervorruft (Protopopov).

Es ist anzunehmen, daß auch die Reflexdifferenzierung mit diesen Hemmungsverhältnissen zusammenhängt. Anfangs entsteht der Reflex auf verschiedene Reize vermöge ihrer allgemeinen Eigenschaften (Klangfarbe der Töne, allgemeine Lichtenergie der Farben usw.): wenn man dann Fremdreize, welche irgend welche gemeinschaftliche Eigenschaften mit dem Grundreiz haben, wiederholt appliziert, dann erlischt der Reflex auf die Fremdreize infolge von Hemmung unter Einfluß der besonderen Eigenschaften dieser Reize (Tonhöhe, Farbe usw.).[1]

Es hängt demnach das Erlöschen der Assoziativreflexe, wie die Ergebnisse meines Laboratoriums (Dr. Protopopov) bezeugen, ab von einer Hemmungswirkung der Tonhöhe oder ihrer Klangfarbe (bei gleicher Höhe mit dem Grundreiz). Diese Hemmungswirkung von Fremdtönen auf den assoziativ-motorischen Reflex tritt sehr klar an der Atmung hervor, welche nicht eine Verstärkung und Beschleunigung, sondern, wie wir sahen, eine Verlangsamung und Abflachung der Atemexkursionen aufweist.

In Organen, welche mit Perzeptionsflächen versehen sind, wie die Haut, steht der Assoziativreflex stets in Korrelation mit der Lokalisation des Reizes. Bildet man einen Reflex auf den Berührungsreiz eines bestimmten Hautpunktes, so wird jeder andere Berührungsreiz den gleichen Reflex nur in dem Fall auslösen, wenn dieser Punkt von dem ersten Reizpunkt nicht über eine gewisse Entfernung hinausgeht; sonst erzeugt ein dem ersten ganz gleicher Reiz nicht den assoziativ-motorischen Reflex (Dr. Iskaelson). Es lassen sich daher auf der Haut Gebiete von bestimmten Dimensionen bezeichnen, innerhalb welcher ein einmal erzeugter Assoziativreflex ausgelöst und jenseits welcher er nicht mehr ausgelöst werden kann.

Die Belebung eines durch Reizwiederholung erloschenen Assoziativreflexes beobachtet man gewöhnlich bei Zunahme des Intervalles (um das zwei- und mehrfache) und unter einigen anderen Bedingungen.

Ferner wirkt, wie aus allen hierhergehörigen Befunden hervorgeht, die erneute Assoziation mit dem elektrischen Primärreiz stets belebend und befestigend auf den Reflex; er erscheint dann vielfach, ohne zu erlöschen, oder er kann nach längerer Zeit noch hervorgerufen werden (Fig. 454 u. 455). Von Bedeutung ist in diesem Fall aber nicht nur die Zahl der Assoziationen, sondern auch die Qualität des Reizes, auf welchen der Reflex gebildet wurde. Auf Tastreize z. B. entsteht der Reflex,

---

[1]) Dr. Protopopov, Verhdl. d. Psych. Klinik zu St. Petersburg 1909.

wie in meinem Laboratorium nachgewiesen ist, relativ leicht und wird nach einiger Zeit so stabil, daß man ihn 40 mal ohne Unterstützung durch Assoziation mit dem Grundreiz hervorrufen kann. Auf Farben

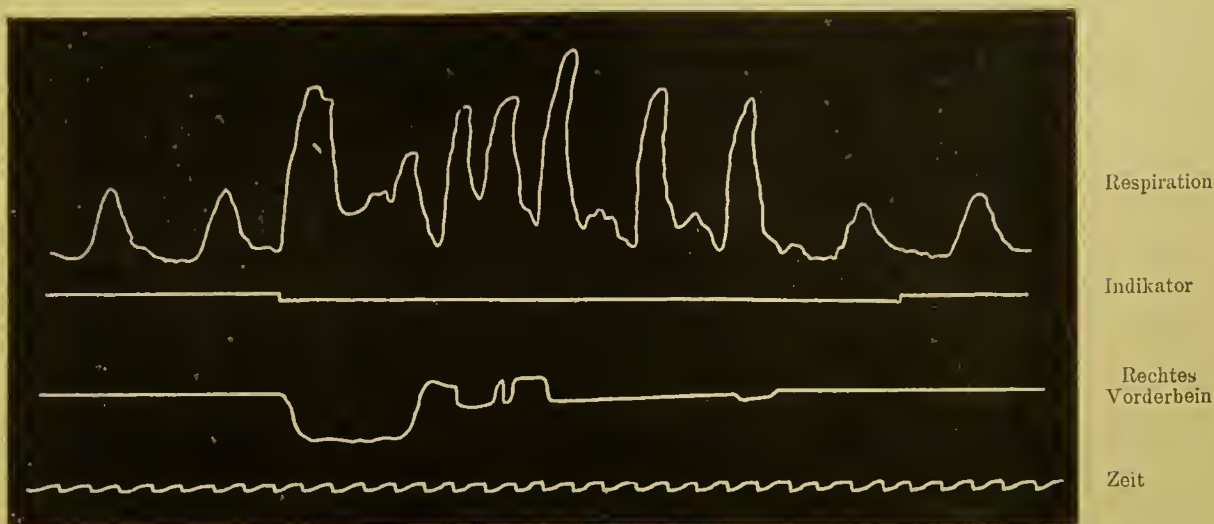


Fig. 454.
Hund. Grundton von 600 Schwingungen. Assoziativreflex auf Atmung und Pfote.

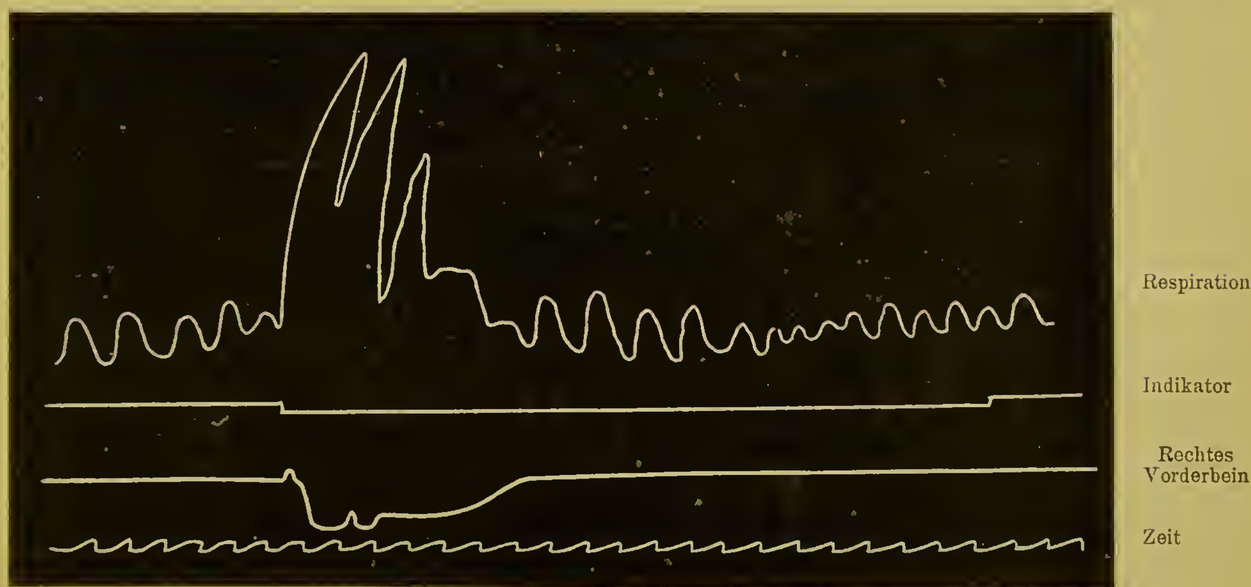


Fig. 455.
Derselbe Hund. Der gleiche Grundton von 600 Schwingungen ergab nach einer Pause von einem Monat wieder den Assoziativreflex auf Atmung und Pfote.

dagegen entsteht dieser Reflex in differenzierter Gestalt beim Hunde weitaus nicht so schnell und wird auch nicht so bald stabil.

Anfänglich, in seiner Erziehungsperiode, hat der assoziativ-motorische Reflex mehr oder weniger allgemeinen Charakter; er äußert sich dann in Bewegungen allgemeiner Art; später wird er immer mehr umgrenzt und gestaltet sich zum wahren Reflex; man erzielt dann nur Beinbe-

wegungen und Atmungsveränderungen, in manchen Fällen sogar nur erstere unter Wegfall der letzteren.

Beim Fehlen hemmender Fremdreize pflegt der assoziativ-motorische Reflex, nach vielfachen Wiederholungen, stets regelmäßig zu erlöschen, indem er immer schwächer und schwächer wird. War er dabei undifferenziert, dann bleibt der Reflex auf Grundreiz (Ton) beim Erlöschen auf Fremdtöne erhalten, während nach Ausfall des Reflexes auf Grundton ein solcher auf Fremdtöne nicht mehr auftritt (Fig. 440, 441, Dr. Protopopov).

Auf den Prozeß des Erlöschens ist die Zeit der Reflexerzeugung von Einfluß. Sind die Intervalle, mit welchen der Reflex erzeugt wurde, immer gleich groß, dann ist sein Erlöschen stets ein regelmäßiges und allmähliches. Aber wenn man die Zeit der Reflexerzeugung selbst nach seinem Erlöschen verdoppelt, dann belebt er sich wieder mit einer gewissen Kraft; nach erneutem Erlöschen wirkt die Intervallverdoppelung wieder belebend auf den Reflex (Dr. Molotkov). Unregelmäßigkeiten der Zeitintervalle bei der Reflexbildung, sowie Fremdreize wirken lebhaft auf die Regelmäßigkeit des Erlöschungsprozesses.

Außerdem hängt sein Erlöschen, wie Untersuchungen meines Laboratoriums (Dr. Protopopov) gezeigt haben, wesentlich ab von dem Alter des Reflexes. Ein unlängst erzogener Reflex ist leicht unterdrückbar; viel schwerer zu unterdrücken ist ein älterer, stabil gewordener Reflex, bei dem man wiederholte Versuche während mehrerer Tage dazu anwenden muß.

Ein auf einen zusammengesetzten Reiz erzogener Assoziativreflex entsteht auch auf die Einzelbestandteile dieses Reizes. Erziehen wir den Reflex z. B. auf Ton und Licht zugleich, dann entsteht er auch auf jeden dieser beiden Reize im einzelnen. Bringen wir in diesem Fall durch wiederholte Reizapplikation den Reflex auf Licht zum Erlöschen, dann erlischt er zugleich auch auf Ton, und umgekehrt. Belebt man nun wieder den Doppelreflex, dann erwacht auch der Reflex auf Licht und Ton im einzelnen (Dr. Bronn).

Kurz, bei einem Reflex auf zusammengesetzten Reiz gelten alle Erscheinungen, welche den einen Bestandteil des Reizes betreffen, oft auch von dem anderen Bestandteil desselben.

Hier sind jedoch auch andere Verhältnisse möglich. Wie es in manchen unserer Versuche der Fall war, kann ein Reiz über den anderen überwiegen im Sinne größerer Stabilität des Reflexes auf diesen Reiz, nachdem der Reflex auf die Summe beider Reize erzogen wurde (Israelsohn, Platonow). Der auf die Summe beider Reize erzogene Reflex ist nicht selten stabiler, als der Reflex auf den Einzelreiz (Platonow). — Nach Erziehung des Assoziativreflexes ist ein hallucinatorisches Hervorrufen der Empfindung des (elektrischen) Grundreizes möglich bei Angabe nur des assoziativen Reizes ohne den Grundreiz.

Daraus folgt, daß die Bestandteile des zusammengesetzten Assoziativreizes, wenn sie auch zu verschiedenen Perzeptionsorganen gehören, unter einander durch Assoziationsbahnen der Gehirnrinde in Beziehung treten.

Außer dieser Reflexmethode gibt es für den Menschen noch eine andere Methode zur Untersuchung der Assoziationsfunktionen der Gehirnrinde. Sie wird in meinem Laboratorium in der Weise geübt,

daß man durch das Wort den Zusammenhang zwischen einem bestimmten Reiz (z. B. Ton) und einer bestimmten Handbewegung (Druck des Zeigefingers auf einen Gummiball) herstellt. Beides gelangt nach vorheriger Einübung zur Registrierung auf einer rotierenden Trommel. Es ergab sich, daß das Andrücken des Fingers, nach mehrfacher Wiederholung des Tonreizes dann eine Zeit lang auch nach Wegfall des Tones erfolgt. Man erkennt dabei die Abhängigkeit der Zahl dieser Fingerbewegungen von der Zahl, Frequenz, Intensität des Tonreizes und von anderen Bedingungen.

In anderen Versuchen meines Laboratoriums studierte man die Einwirkung kombinierter Reize (Ton- und Lichtreiz) auf die Ausführung einer vorher vereinbarten Fingerbewegung (Druck auf einen Gummiball).

Aus den hierbezüglichen Untersuchungen meines Laboratoriums (Dr. Dobrotworskaja) führe ich hier folgende Ergebnisse an:

1. Nach einer Reihe von Assoziationen des Grundreizes, auf welchen die Antwortreaktion vereinbart ist, mit einem Nebenreiz, stellt sich die gleiche Reaktion auch auf letzteren ein oder sie tritt ohne Zusammenhang mit dem Grundreiz auf.

2. Die so erzielte assoziativ-motorische Reaktion zeigt die Neigung zum Erlöschen, falls man sie nicht durch den Grundreiz unterstützt.

3. Die Stabilität der Reaktion wächst mit der Zahl der kombinierten Reize.

4. Die Zunahme der Intensität des assoziierten Reizes (im vorliegenden Fall Licht) beschleunigt bis zu einer bestimmten Grenze den Eintritt der Reaktion und wirkt auf sie befestigend. Es gibt ein bestimmtes Optimum der Intensität für assoziative Reize zur Erziehung der assoziativ-motorischen Reaktion.

5. Je schneller die kombinierten Reize auf einander folgen, um um so früher tritt die Reaktion ein und um so stabiler wird sie.

6. Vorhergehende Gewöhnung an die vereinbarte motorische Reaktion auf den Grundreiz (im vorliegenden Fall Ton) befördert die Ausbildung und steigert die Festigkeit der Reaktion.

7. Im Falle der Konzentrierung des zu Prüfenden auf den Nebenreiz tritt die assoziative Reaktion schneller ein und ist zugleich stabiler, als unter gewöhnlichen Versuchsbedingungen.

8. Auch die Individualiät hat Einfluß auf die Bildung und Stabilität der assoziativen Reaktion.

Man erkennt schon aus den vorstehenden Darlegungen, daß in der Bildung und in den Äußerungen der assoziativen Reflexe ebensosehr, wie in der Bildung und in den Äußerungen der komplizierten, z. B. der sogenannten gewöhnlichen Assoziativreaktionen, die man gewöhnlich willkürlich nennt, eine strenge Gesetzmäßigkeit zu Tage tritt und zugleich eine gewisse Abhängigkeit derselben von einer ganzen Reihe von Fremdreizen, welche andere assoziative Verbindungen anregen.

Stellt man den Versuch über Sprach- oder Symbolbewegung in der Weise an, daß der zu Prüfende Licht als Licht, Ton als Ton bezeichnen muß, so findet man, daß die fehlerhaften Angaben bei einem gewissen Tempo der Aufeinanderfolge der Farben- und Tonreize oder ihres Alternierens ebenfalls einer bestimmten Gesetzmäßigkeit unterliegen.

c) Die Bedeutung der Assoziationsbahnen für die Genese einiger Aphasieformen.

Auf einer Störung der Assoziationsbahnen beruhen viele aphasische Erkrankungen, wie die transkortikale Aphasie und die Paraphasie.

Schon Wernicke und Lichtheim[1]) betonten die Abhängigkeit der aphasischen Störungen von einer Unterbrechung des Zusammenhanges zwischen der kortikalen Sprachregion und anderen Rindencentren. Späterhin hat Wernicke die Lehre von der Aphasie weiter ausgebaut und damit die Erkenntnis der Sprachstörungen wesentlich erweitert. Er begründete damit die Lehre von den subkortikalen und transkortikalen Aphasien, erstere bedingt durch Unterbrechung der Bahnen zwischen den kortikalen Sprachcentren und den peripheren Sprachorganen bezw. dem subkortikalen Hör- und Zungencentrum, letztere durch Unterbrechung der Verbindungen zwischen den kortikalen Sprachcentren und den Begriffscentren. Beide Aphasieformen zerfallen ihrerseits in motorische und sensorische.

Bei der subkortikalen motorischen Aphasie ist die innere Sprache, sowie Lesen und Schreiben erhalten; sie ist im Markweiß der dritten linken Stirnwindung lokalisiert. Die subkortikale sensorische Aphasie besteht in Verlust des Wortgehörs bei Erhaltung des allgemeinen Gehörs und voller Erhaltung der inneren Sprache. Anatomisches Substrat derselben ist die Unterbrechung der centralen Bahnen des Gehörnerven, welche zum Wortbildcentrum hinziehen. Reine Fälle dieser Aphasieform sind übrigens selten. Endlich bedingt die Unterbrechung des Zusammenhanges zwischen akustischem und motorischem Sprachcentrum eine besondere Form der Aphasie, welche als Paraphasie bezeichnet wird.

Besondere Centra für das Schreiben (Exner und Charcot), sowie ein Centrum für die optischen Wortbilder ist nach Wernicke nicht vorhanden. Statt dieses letzteren unterscheidet Wernicke ein Buchstabensehcentrum im Gyrus angularis, doch stehen dieser Annahme manche klinische Erfahrungen entgegen (Déjérine).

Ferner erzeugen Störungen der Verbindung zwischen kortikalem Sprachcentrum und Begriffscentrum — das nicht näher lokalisiert, sondern auf die ganze Rinde bezogen wird — die Erscheinungen der sog. transkortikalen Aphasie, d. h. das Symptom der Worttaubheit und Wortblindheit, wobei der Kranke das Wort hört bezw. sieht, aber seinen Sinn nicht begreift.

Unterschieden werden kann außerdem eine motorische transkortikale Aphasie, wobei der Kranke die Worte selbst nicht finden kann, die unwillkürliche Sprache aber erhalten ist.

Von dem hierhergehörigen Beobachtungsmaterial über transkortikale sensible Aphasie ist der von Heubner[2]) mitgeteilte Fall als besonders instruktiv zu erwähnen.

Die Störung äußerte sich in diesem Fall darin, daß der Kranke alles hörte und wörtlich wiederholte, was man ihm vorsagte, laut lesen und schreiben konnte, aber die Sprache anderer nicht verstand, noch auch selbst zu sprechen vermochte. Bei der Obduktion fand man die

---

[1]) Lichtheim, Über Aphasie. D. Archiv f. klin. Med. Bd. 36. Brain Vol. 7.
[2]) Vgl. Freud, Zur Auffassung der Aphasie, 1891, S. 24.

linke Gehörsphäre nach drei Seiten, nämlich oben, hinten und unten durch einen Erweichungsherd von den Nachbarwindungen wie abgeschnitten.

Ein schönes Specimen dieses Zustandes ist auch in der Beobachtung von Lordat gegeben.

In dem von Flechsig mitgeteilten Fall von Affektion der zweiten und dritten Schläfenwindung mit Verlust des Wortsinnverständnisses beobachtete man auch Verlust der konkreten Vorstellungen und des Wortgedächtnisses, der Kranke konnte vorgesprochene Worte nachsprechen, aber nicht spontan sprechen.

Es fehlt übrigens in der Literatur nicht an weiteren analogen Beobachtungen dieser Art.

In allen diesen und ähnlichen Fällen besteht der aphasische Symptomenkomplex darin, daß die Empfindungsperzeption zwar ungestört, aber das Verständnis des Gesprochenen aufgehoben ist. Anders ausgedrückt, das Wort als Schall bleibt bestehen, das Wort als Zeichen oder Symbol verschwindet.

Es fragt sich nun vor allem, womit es zusammenhängen mag, daß der Kranke das Gehörte nicht versteht, obwohl er es perzipiert. Jedenfalls handelt es sich darum, daß der Kranke etwa die Abdrücke der früher empfangenen Tonbilder und somit ihren Gesamtvorrat verloren hat. Die Abdrücke der empfangenen Tonbilder bleiben mit Sicherheit bestehen, denn der Kranke schreibt gelegentlich Diktat und kann nachsprechen.

Überhaupt bleibt fast der ganze Vorrat der Tonabdrücke und ihrer weiteren Assoziationen unversehrt. Der Kranke weiß daher ganz genau, daß das soeben vorgesprochene und von ihm nachgesprochene Wort ihm geläufig ist; er weiß, daß er dieses Wort früher gehört und oft ausgesprochen, und ist zugleich erstaunt, daß das Wort ihm unverständlich, nichtssagend, da es jetzt mit dem entsprechenden konkreten Abdruck unverbunden bleibt. Das Wort ist ihm also bloßer Schall, nicht Symbol für das Bild eines bestimmten Gegenstandes.

Beachtung verdienen noch die Untersuchungen von Franz über die Stirnlappen an dressierten Tieren (Hunden und Katzen), aus welchen hervorgeht, daß unlängst erlernte Bewegungen nach Abtragung des Stirnlappens verloren gehen, während früher erlernte Bewegungen erhalten bleiben.

Es handelt sich in diesem Fall offenbar um Verlust der Spuren, denn die eigentlichen Bewegungen einfacherer und komplizierter Art gehen, wenigstens bei den Affen, erst nach ausgedehnter Abtragung der motorischen Centra verloren.

In diesen Fällen hört der Kranke und spricht nach, versteht aber nicht den Sinn des Gesagten, wenn er selbst auch zu sprechen im Stande ist, da die Verbindung der Centra der konkreten Vorstellungen mit dem motorischen Sprachcentrum erhalten blieb.

Das ist das Wesen des als transkortikale sensible Aphasie bekannten Krankheitszustandes.

Dieser Zustand hat zur Voraussetzung eine Unterbrechung des Zusammenhanges zwischen Worthörcentrum und dem ihm zunächst angrenzenden Centrum des Wortbildgedächtnisses bezw. Wortspurengedächtnisses. In der Tat geht aus der Sektion der hierhergehörigen

Fälle hervor, daß die Erkrankung dabei gewöhnlich im Schläfenlappen am hinteren Ende der ersten Schläfenwindung lokalisiert ist.

Wohl zu unterscheiden sind diese Zustände der transkortikalen sensiblen Aphasie von der einfachen Worttaubheit, wobei außer der Wortperzeption nicht nur das Wortverständnis, sondern auch das Nachsprechvermögen verloren geht.

Entsprechend den Fällen von transkortikaler sensibler Aphasie kennt man das Krankheitsbild der transkortikalen Amusie[1], wobei die Kranken den Musikvortrag hören, aber ein Verständnis desselben verloren haben. Auch hier, wie in dem Heubner'schen Fall, handelt es sich offenbar um eine Unterbrechung der Bahn zwischen Toncentrum und dem Rindencentrum, welches die Tonabdrücke festhält.

Selbstverständlich befindet sich das Wort- und Toncentrum im Zusammenhange mit dem Wortsehcentrum, sowie mit dem in der Nachbarschaft des letzteren befindlichen Centrum der Sehabdrücke. Beide hängen ferner zusammen mit dem motorischen Broca'schen Centrum, mit dem graphischen Handcentrum, sowie mit anderen Bewegungscentren.

Die Unterbrechung aller dieser interkortikalen Verbindungen führt wiederum zu einer Reihe merkwürdiger aphasischer Störungen.

Beachtung verdient z. B. das häufige Nebenhergehen von Worttaubheit mit Paraphasie und Paragraphie, welche Zustände sich darin äußern, daß die Kranken irgend ein Wort statt eines anderen gebrauchen. Diese Erscheinungen mögen wohl darauf beruhen, daß wir beim Sprechen und Schreiben in der psychischen Hörsphäre oder im Wortbildungscentrum gewissermaßen in Gedanken ein Anklingen der Worte haben. Überhaupt erfolgt das Wortaussprechen unter beständiger Kontrolle von Gehörbildern auf Grund des Bestehens von Assoziationsbahnen zwischen dem Sprachhörcentrum und dem Sprachbewegungscentrum. Wenn daher ein Mensch das Wortverständnis verloren hat, dann verliert er zugleich die entsprechende Kontrolle der auszusprechenden Worte, und dies erklärt in diesen Fällen die Erscheinungen der Paraphasie.

Andererseits führt die Störung der Verbindungen zwischen Wortsehcentrum und Worthörcentrum zur Entstehung der sogenannten Alexie, wobei der Kranke das Geschriebene oder Gedruckte zwar sieht, es aber weder lesen noch abschreiben kann. Es führt zugleich die Unterbrechung des Zusammenhanges zwischen Wortsehcentrum und Worthörcentrum zur Ausbildung der Paralexie, darin sich äußernd, daß der Kranke statt des richtigen Wortes ein anderes liest, aber richtig abschreibt.

Nicht minder merkwürdig sind die Erscheinungen der sogenannten transkortikalen Alexie, worunter man einen Zustand versteht, bei welchem die Kranken das Gehörte verstehen, selbst sprechen, und nachsprechen und auch schreiben, aber nur nicht lesen können, wenn sie auch einzelne Buchstaben und selbst Worte manchmal abschreiben, wie in den vorerwähnten Fällen. Auch diese Störung ist zurückführbar auf Aufhebung der Verbindungen zwischen Wortsehcentrum (Gyrus angularis der linken Hemisphäre) und den Centren der Sehspuren.[2]

---

[1]) S. Literaturverzeichnis über Aphasie. Zeitschr. f. Hypnotismus 1898, Bd. 6, H. 5.

[2]) Pick, Zeitschr. f. Hypnotismus 1897, Bd. 6, Heft 5.

STORCH[1]) erklärt die reine Alexie durch partielle Unterbrechung der Bahnen zwischen Sehfeld und stereopsychischem Feld.

Eine gewöhnliche Begleiterscheinung der transkortikalen Aphasie und Alexie ist auch die Agraphie. Im ersten Fall erklärt sich die Unfähigkeit zu schreiben und das Vorkommen von Schreibfehlern dadurch, daß das Anklingen der Worte im Worthörcentrum verloren gegangen ist, wodurch besonders das Diktatschreiben sehr beeinträchtigt wird. Im zweiten Fall ist die Agraphie Folge des Ausfalles der optischen Wortbilder und deshalb leidet das Abschreiben dabei ganz besonders.

Somit treten im Falle von Störungen des Zusammenhanges des Wortseh- und Worthörcentrums mit dem Schreibcentrum der Hand sogenannte agraphische Störungen auf, die darin bestehen, daß der Kranke unfähig wird, Diktat zu schreiben und zu kopieren.

Um amnestische Aphasie handelt es sich, wenn der Kranke alles versteht und spricht, aber einen vorgezeigten Gegenstand nicht benennen kann. Abhängen kann diese Aphasieform von einer Störung des Zusammenhanges zwischen dem Centrum der akustischen und optischen Wortabdrücke. Die Erkrankung sitzt bei dieser Aphasieform gewöhnlich im Schläfenlappen und kommt ganz besonders häufig bei Abszessen dieser Gehirngegend zur Beobachtung.

Man muß sich dabei erinnern, daß das Bild irgend eines Gegenstandes eigentlich nie als einfacher Abdruck auftritt, den irgend eine einzelne Perzeption zurückläßt, sondern aus einer ganzen Reihe von Abdrücken besteht, welche von den Perzeptionen verschiedener Organe herrühren.

Da das Wort als Gesamtsymbol aller dieser Abdrücke sich darstellt, so müssen offenbar besondere Assoziationsbahnen zwischen den verschiedenen Perzeptionscentren und dem Centrum der akuten Wortbilder bestehen.

Störungen irgend einer dieser Verbindungen können zur Ausbildung spezieller Formen der transkortikalen Aphasie führen.

So z. B. kennt man Fälle sogenannter optischer Aphasie, welche darin sich äußert, daß der Kranke einen vorgezeigten Gegenstand sieht, ihn aber nicht benennen kann, ohne ihn mit der Hand zu befühlen.[2]) Diese Störung beobachtet man gewöhnlich in dem Fall, wenn außer dem Gyrus angularis die Leitungsbahnen zerstört sind, welche vom andersseitigen Gyrus angularis durch den Balken zum Schläfenlappen ziehen. Sie beruht also auf Unterbrechung des Zusammenhanges zwischen beiden Sehcentren und dem Centrum der akustischen Wortbilder, während die Verbindung zwischen Tast- und Muskelcentrum und dem Centrum der akustischen Wortbilder dabei unversehrt bleibt.

Besonders lehrreich erscheint der von LISSAUER[3]) mitgeteilte Fall von sogenannter transkortikaler Seelenblindheit. Es handelte sich in diesem Fall um unrichtiges Erkennen der Objekte (einen Elephanten hielt der Kranke für einen Wilden usw.), und die Fähigkeit, ähnliche Bilder zu unterscheiden (Störung des Formsinnes nach LISSAUER) hatte

[1]) STORCH, Zwei Fälle von reiner Alexie. Mon.-Schr. f. Psych. u. Neurol. 1903, Bd. 13.

[2]) Genaueres bei MÜLLER, Archiv f. Psychiatrie Bd. 24, Heft 3.

[3]) LISSAUER, Archiv für Psychiatrie Bd. 21.

stark gelitten. Das Gedächtnis für Gesichtseindrücke, die vor der Krankheit stattgefunden, war erhalten oder nur unwesentlich gestört, aber die Darstellung von Gegenständen aus dem Gedächtnis erfolgte äußerst fehlerhaft und ungenau. Es war hier also bei erhaltenem Gedächtnis für optische Eindrücke und ungestörter optischer Perzeption die Assoziation zwischen neuen und älteren optischen Eindrücken hochgradig beeinträchtigt.

Der Herd in diesem Fall saß wohl auf der Strecke zwischen Perzeptionsfeld für neue Eindrücke und dem Rindenfeld für Ablagerung alter Erinnerungen.

Hahn[1]) veröffentlichte nun den pathologisch-anatomischen Befund in Lissauers Fall (es war Tod durch Pneumonie eingetreten). Man fand links einen embolischen Thrombus der Art. cerebri profunda oberhalb des Vierhügels und eine konsekutive alte Erweichung im Cuneus; die Cuneusspitze und der vordere Teil des Cuneus waren bis zu den basalen Teilen der Hinterhauptspitze degeneriert. Die Degeneration reichte überall bis an den stark erweiterten Ventrikel und erstreckte sich, nach vorn zugespitzt, bis zum Balken, welcher in seinem unteren Teil stark geschrumpft und um $^1/_3$ seines Volums verkleinert ist; auf dem Durchschnitt des Balkens fand man Granula. Die Gyri des Hinterhautlappens, sowie der angrenzenden Teile des Schläfen- und Scheitellappens auffallend verschmälert. Rechts bestanden keine wesentlichen Veränderungen außer einer geringen Verschmächtigung des Hinterhauptlappens. Die genauere Untersuchung der Schnitte (Sachs)[2]) ergab folgendes:

Links ist die Balkenschicht nahezu degeneriert. Die innere Sagittalschicht ist in ihren peripheren Teilen sehr arm an Fasern. Die äußere Sagittalschicht (unteres Längsbündel) total degeneriert, das Stratum cunei transversum nicht nachweisbar. Rechts besteht fast totale Degeneration der Balkenschicht im Hinterhauptlappen; rechts ist das Tapetum merklich faserärmer als links.

Demnach konnten die Erscheinungen der transkortikalen Blindheit hier erklärt werden durch Faserdegeneration im Splenium corporis callosi. Die Störung der Assoziationen zwischen neuen und alten Sehbildern beruht auf Affektion der Assoziationsfasern zwischen primärem kortikalem Sehcentrum und dem Centrum der Ablagerung optischer Abdrücke.

Man kennt ferner Fälle sogenannter amnestischer Farbenblindheit bezw. Farbenaphasie. Die Störung äußert sich darin, daß der Kranke Farben zwar unterscheidet und in richtiger Reihenfolge auswählt, sie aber nicht benennen kann. Die ganze Erscheinung ist sehr verwandt mit optischer Aphasie und bildet gewissermaßen eine besondere Form derselben. Sie beruht offenbar auf Störung der Verbindungen zwischen Seh- bezw. Farbencentrum und dem akustischen Sprachcentrum der Rinde.

Andererseits kommen Zustände zur Beobachtung, wo der Kranke die Gegenstände nicht auf Grund seiner Tast- oder Muskelperzeption benennen kann. Dies ist die sogenannte taktile oder richtiger Tastmuskel-

---

[1]) Hahn, Allg. Zeitschr. f. Psych. Bd. 54, S. 100.

[2]) Sachs, Hinterhauptlappen. Cit. nach Erbslöh, Mon. für Neur. u. Psych. 1902, Heft 3, S. 192.

aphasie. Ist der Kranke unfähig, Töne zu bezeichnen, dann handelt es sich um Tonaphasie im eigentlichen Sinne des Wortes.

Ferner trifft man in pathologischen Fällen bei Sprachstörungen zuweilen Zustände, wo der Kranke vorwiegend die Hauptwörter vergißt; er spricht dann überwiegend in Verben, Adjektiven und Adverbien; Hauptwörter sucht er zu umschreiben. Bei anderen Sprachstörungen ist umgekehrt das Gedächtnis für Hauptwörter besser erhalten, dagegen Erinnerung der Verba, Adjektive und Adverbien vernichtet. Ersteres beobachtet man, wie Broadbent[1]) angibt, in dem Fall, wenn die Region des Wernicke'schen Centrums und seiner Umgebung affiziert ist, letzteres bei Affektionen der Umgebungen des Broca'schen Centrums. Broadbent unterscheidet daher ein besonderes Centrum des Wortgedächtnisses, welches er im Kollateralläppchen an der Schläfenlappenbasis lokalisiert, und ferner ein Satzzentrum, welches er in die dritte Stirnwindung von dem Broca'schen Centrum verlegt.

Ich kann mich dieser Lokalisation eines Satzzentrums vor dem Broca'schen Centrum nicht anschließen, meine jedoch, daß die Beziehungen zwischen den durch Verba ausgedrückten Objekten bedingt sind durch Bahnen zwischen dem motorischen Bildcentrum und dem Sprachcentrum. Daher beobachtet man zuweilen den Ausfall dieser Formen aus dem Wortschatz bei Affektionen der Nachbarregion des Sprachcentrums. Was das Centrum des Wortgedächtnisses betrifft, so weisen, wie wir gesehen haben, alle Befunde darauf hin, daß dasselbe im Schläfenlappen in der Nähe des Wernicke'schen Centrums zu lokalisieren ist.

Gewisse Fälle der transkortikalen motorischen Aphasie beruhen auf Unterbrechung der Bahnen zwischen motorischem Sprach- und Schreibcentrum und dem Centrum der konkreten Bilder. Der Kranke versteht Wort und Schrift, liest und kopiert und schreibt selbst Diktat, kann aber nicht spontan sprechen und schreiben; es ist also die willkürliche Schrift und Sprache aufgehoben.

Sind endlich alle Verbindungen zwischen den Centren der konkreten Bilder und den Sprachcentren unterbrochen, dann tritt totale Asymbolie ein, ein Zustand, wobei das Wort jeden Sinn verliert und als einfacher inhaltloser Schall hervorgebracht wird.[2])

Die Lehre Wernicke's ist nicht unangefochten geblieben, namentlich bezüglich der sogenannten Leitungsaphasien, welche von Manchen als bloße Varietäten der Rindenaphasie betrachtet werden.

Die Lehre von den transkortikalen Aphasien wird von Vielen in ihren wesentlichen Punkten angenommen. Aber auch hier sind manche Bedenken laut geworden. Freud[3]) und Bastian z. B. vertreten die Ansicht, daß die Erscheinungen der sogenannten transkortikalen Aphasie auf einer Störung der verschiedenen Innervationsbeziehungen des motorischen Sprachcentrums beruhen.

Freud sieht, im Gegensatz zu Wernicke, von der Unterscheidung kortikaler und Leitungsaphasien ganz ab. Der Symptomenkomplex der

---

[1]) Broadbent, Brain 1879. Med. Chir. Trans. 1882. Brit. med. Journ. 1897, Nr. 1892.

[2]) Bechterew, Über transkortikale Paraphasie oder Asymbolie. Obosrên. psihiatr. 1905.

[3]) Freud, Die Auffassung der Aphasie. Wien u. Leipzig 1891.

Leitungsaphasie findet nach FREUD seine Erklärung in einer Affektion des Centrums der akustischen Wortspuren, denen die dabei beobachtete Paraphasie bildet auch eine Begleiterscheinung der WERNICKE'schen Aphasie. Andererseits kommt die Unfähigkeit, nachzusprechen, nie isoliert für sich zur Beobachtung. Nach FREUD sind die Leitungsbahnen für das Wortnachsprechen identisch mit den Leitungsbahnen der willkürlichen Sprache. Letztere vollzieht sich vermittelst des WERNICKE'schen Centrums; eine direkte Bahn zum BROCA'schen Centrum, wie sie von KUSSMAUL und GRASHEY angenommen wird, ist in Wirklichkeit nicht vorhanden. FREUD bestreitet auch das selbständige Vorkommen einer transkortikalen motorischen Aphasie; diese soll nur quantitativ von der BROCA'schen Aphasie unterschieden sein und durch partielle Läsionen des BROCA'schen Centrums bedingt werden.

Nach FREUD können selbst Affektionen des WERNICKE'schen Centrums motorische transkortikale Aphasie hervorrufen, denn die Bahnen vom Begriffscentrum zum BROCA'schen Centrum gehen durch das WERNICKE-sche Centrum hindurch. Auch subkortikale Aphasien existieren nach FREUD nicht, sie sind nur die Folge einer Affektion der Rindencentra.

Nur allein die transkortikale sensorische Aphasie wird von FREUD anerkannt und als Asymbolie bezeichnet, die er für bedingt hält durch Unterbrechung des Zusammenhanges zwischen Wortspurencentrum und Dingspurencentrum. Für möglich erachtet er ferner das Vorkommen von Wortaphasie (bedingt durch Zerstörung des BROCA'schen Centrums) und agnostischer Aphasie.

BASTIAN[1]) betrachtet die transkortikale Aphasie als eine Folge herabgesetzter Erregbarkeit der Rindencentra. Somit wäre der Unterschied zwischen den Aphasieformen nicht ein anatomischer, sondern ein funktioneller. Er findet überhaupt keinen Grund zur Annahme eines besonderen Begriffscentrums, denn der Symptomenkomplex der transkortikalen Aphasie wird von ihm zurückgeführt auf Veränderungen der Erregbarkeit der Centra in Abhängigkeit von der Tiefe der Affektion. Bei einer bestimmten Tiefe der Affektion reagiert z. B. das BROCA'sche Centrum auf direkte Reize der Sinnessphäre, ohne auf willkürliche Impulse zu reagieren. Alle übrigen WERNICKE'schen Aphasieformen, einschließlich der subkortikalen und Leitungsaphasien, werden von BASTIAN als vorhanden anerkannt. Er unterscheidet schließlich vier Sprachcentra: 1. ein akustisches (WERNICKE'sches Centrum), 2. ein optisches (Gyrus angularis), 3. und 4. kinästhetische Centra für die Wortsprache (BROCA) und Schriftsprache (EXNER). Die Centra 3. und 4. dienen auch als Ablagerungsstätte für Spuren der Sinneseindrücke. Außerdem bestehen zwischen allen Centren Assoziationsbahnen, weshalb die Sprachstörungen als Rinden- oder Leitungsstörungen auftreten können.

Auch SACHS[2]) weist die Annahme einer transkortikalen motorischen Aphasie ab. Er schließt sich in diesem Punkte FREUD und BASTIAN an. Eine sensorische transkortikale Aphasie nimmt er an, nähert sich aber in dieser Hinsicht den Auffassungen von FREUD. Die sogenannte primäre und sekundäre Intensifikation (WERNICKE) lehnt er ab. Er glaubt nicht, daß zwischen Worthören und Wortverstehen noch ein dritter

---

[1]) BASTIAN, Über Aphasie und andere Sprachstörungen. Leipzig 1902.
[2]) SACHS, Gehirn und Sprache. Wiesbaden 1905.

Prozeß eingeschoben sein soll, bestehend in dem Erkennen der gehörten Worte ohne Verständnis derselben. Auch WERNICKE's Leitungsaphasie weist SACHS ab, denn es gebe keine isolierte Erkrankung der Assoziationsbahnen zwischen Hörcentrum und Bewegungscentrum ohne gleichzeitige Affektion eines dieser Centra selbst. Nach seiner Annahme hat das motorische Sprachcentrum keine direkten Verbindungen mit anderen Centren außer dem Worthörcentrum; er glaubt jedoch, daß solche Verbindungen in einzelnen Fällen sich bilden können, z. B. bei Taubgeborenen während der Spracherziehung durch das Auge.

Diese Auffassung ist indessen durch die klinische Erziehung nicht bestätigt worden. Vielmehr hat HEILBRONNER[1]) recht gewichtige Bedenken dagegen erhoben. Wenig befriedigend ist auch die von NISSL VON MAYENDORF[2]) aufgestellte Ansicht, wonach alle transkortikalen Aphasien als besondere Stadien der Rückbildung der kortikalen Aphasie sich darstellen sollen.

MONAKOW betrachtet die kortikalen und sogenannten transkortikalen Aphasien nicht als bedingt durch Erkrankung bestimmter Leitungsbahnen, sondern als Folge der Erkrankung verschiedener Rindenstellen, soweit dieselben durch Commissuren- und Interkortikalbahnen mit dem Krankheitsherd in der BROCA'schen Windung zusammenhängen. Gleiches gilt auch von der sensorischen Aphasie; die transkortikale und subkortikale Aphasie können betrachtet werden als Spezialformen einer durch Diaschise bedingten sensorischen Aphasie.

KLEIST[3]) betont hinsichtlich der Rindenaphasien noch das Prinzip der Assoziation der Wortbegriffe, was in reiner Form bei der Leitungsaphasie vorkommt. Er unterscheidet außerdem eine transkortikale Aphasie. Hier handelt es sich eigentlich um eine andere Deutung der Sprachstörungen. Die Sprache betrachtet Verfasser als Gesamtleistung des ganzen Sprachgebietes der Rinde, nicht aber einzelner Centra. Er erkennt alle Aphasieformen an, nur erklärt er dieselben anders, als dies im WERNICKE-LICHTHEIM'schen Schema geschieht.

Nach der Darstellung STORCH's[4]) haben die motorischen Sprachvorstellungen ihren Sitz nicht in Rindenzellen, sondern in den zwischen dem BROCA'schen und WERNICKE'schen Centrum befindlichen Nervenkomplexen (glossopsychisches Feld). Dieses Feld bildet ein Zwischenglied zwischen dem System der akustischen Neurone und der Rindenregionen, in welchen andere Erinnerungsbilder abgelagert werden (Stereopsyche). Die eigentlichen Sprachstörungen werden bedingt entweder durch Erkrankung des glossopsychischen Feldes oder seiner subkortikalen Leitungsbahnen oder der Verbindungen dieses Rindenfeldes mit anderen Regionen. Alle von WERNICKE und LICHTHEIM unterschiedenen Aphasieformen werden auch von STORCH angenommen, nur mit neuen schwerverdaulichen Namen belegt. Er weicht in wesentlichen Punkten nicht von der WERNICKE-LICHTHEIM'schen Auffassung ab, denn sein stereopsychisches Feld ist wohl identisch mit WERNICKE's Begriffsfeld.

---

[1]) HEILBRONNER, Arch. f. Psych., Bd. 34 u. 43.
[2]) NISSL VON MAYENDORF, Jahrb. f. Psych., 1907, Bd. 28.
[3]) KLEIST, Über Leitungsaphasie. Mon.-Schr. f. Psych., Bd. 17.
[4]) STORCH, Der aphasische Symptomencomplex. Mon.-Schr. f. Psych., Bd. 18, H. 5 u. 6.

Aus den vorstehenden Darlegungen wird ersichtlich, daß eine endgültige Einigung bezüglich der Aphasielehre noch nicht erreicht ist. Die neueren Erklärungen P. MARIES gegen die Lokalisation der klassischen BROCA-WERNICKE'schen Aphasieformen komplizieren die Frage noch mehr. Immerhin sind die Fälle der sogenannten transkortikalen Aphasien unzweifelhaft von Wert für die Eruierung der funktionellen Bedeutung der Verbindungen zwischen den verschiedenen Rindencentren, denn vorläufig gibt es für diese Aphasieformen noch keine andere Erklärung, als durch Unterbrechung der Leitungen zwischen den verschiedenen Sprachcentren. Auch die von mir als Paraphasie oder Parasymbolie[1]) beschriebene Krankheitsform ist wohl schwerlich in anderer Weise zu erklären, als durch Unterbrechung der Verbindungsbahnen zwischen den Sprachcentren und den übrigen Rindenregionen.

Nach Ansicht von WERNICKE ist jede psychische Erkrankung Folge einer Störung der „sekundären Identifikation" im Gegensatz zu den Alterationen der „primären Identifikation" bei den einfachen kortikalen Aphasien infolge von Störungen der transkortikalen Zusammenhänge. Daher wird die transkortikale Aphasie analog einer psychischen Erkrankung und stellt sich dar als Übergangsform zwischen Herderkrankungen und funktionellen psychischen Erkrankungen. Affiziert sind im ersten Fall einzelne transkortikale Bahnen, im zweiten Fall (bei den Psychosen) ihre Gesamtmasse. WERNICKE bezeichnet daher den Mechanismus der Sprachtätigkeit als Muster psychischer Arbeit; ihr psychischer Bogen erscheint als weitere Entwicklung des LICHTHEIM'schen Sprachschemas. Einige Symptome, wie z. B. der Mutismus der Geisteskranken sind nicht selten aufzufassen als Analogon der transkortikalen Aphasie; andere Störungen (Gehörshalluzinationen, Zwangsreden, Verbigeration, Logorrhöe) beruhen auf Erkrankung der Sprachcentra. In manchen Fällen dominiert gewissermaßen der aphasische Symptomenkomplex im Bilde der Psychose. Außer WERNICKE haben noch andere Beobachter (HEILBRONNER[2]), KNAPP[3]), ASTWAZATUROW[4]) aus meiner Klinik) beschrieben.

Die Bedeutung von Störungen der transkortikalen Verbindungen für den psychischen ist zu erschließen aus dem Fall von LIEFMANN, auf welchen WERNICKE sich beruft. Hier handelte es sich um Unterbrechung der transkortikalen motorischen Bahnen der einen Seite. Bei dem Kranken war, nach den Reaktionen der rechten Seite zu urteilen, an einen schweren psychischen Defekt, an tiefen Schwachsinn zu denken, während aus den Reaktionen der linken Seite auf einen relativ guten Intellekt geschlossen werden mußte.[5])

Doch ist diese Psychoselehre vielfach auf lebhaften Widerspruch gestoßen infolge der Unsicherheit der ganzen Lehre von der transkortikalen Aphasie, welche Einige ganz ablehnen wollen. Manche Autoren äußern, wie wir sahen, die Ansicht, daß die transkortikale

---

[1]) BECHTEREW, Obošrên. psihiatr. 1908.

[2]) HEILBRONNER, Aphasie und Geistesstörung 1896. Zeitschr. f. Psych. 1900. Arch. f. Psych., Bd. 33.

[3]) KNAPP, Mon.-Schr. f. Psych. 1908.

[4]) ASTWAZATUROV, Dissert., Straßburg.

[5]) Deutsche Klinik, Bd. 6, S. 532.

[6]) Vgl. z. B. NISSL VON MAYENDORF, Jahrb. f. Psych. 1907, Bd. 28.

Aphasie nur ein besonderes Stadium der Rückbildung der gewöhnlichen sogenannten kortikalen Aphasie darstellt.

Es kann aber kaum ein Zweifel darüber bestehen, daß die Psychosen gewöhnlich begleitet werden von funktionellen Störungen der Assoziationsverbindungen der Gehirnrinde.

Auch psychische Störungen verschiedener Art können durch Affektionen der Assoziationsbahnen der Gehirnrinde hervorgerufen werden. Ich gehe hier auf diese speziellen Punkte nicht näher ein, um nicht allzu tief in das Gebiet der menschlichen Psychopathologie einzudringen. Es genüge hier, an das Bild der sogenannten halluzinatorischen Verwirrtheit (Amentia von MEYNERT) zu erinnern, welche hauptsächlich auf einer Störung der Tätigkeit der Assoziationsbahnen des Gehirns beruht.

Endlich können auch die in der Literatur bekannt gewordenen Fälle von Paramimie, daß jemand lacht, wenn er weinen will, und umgekehrt, bis zu einem gewissen Grade auf Störungen der Tätigkeit bestimmter Assoziationsbahnen zurückgeführt werden.

6. Die Bedeutung der Gehirnkommissuren.

Was speziell die Kommissurensysteme des Gehirns betrifft, zu denen der Balken, die vordere Kommissur und das Psalterium gehören, so besteht ihre Bedeutung darin, daß sie beständige funktionelle Wechselbeziehungen zwischen den Rindencentren beider Hemisphären ermöglichen.

Experimentell ohne weiteres wahrnehmbar ist dies bezüglich der motorischen Rindencentra. Denn die Reizung des Balkenquerschnittes in Gegenden, welche den motorischen Rindencentra entsprechen, regt gewöhnlich Bewegungen der entsprechenden Gliedmaßen an (SCHÄFFER und MOTT).

An und für sich bewirkt übrigens die Durchschneidung des Balkens, wie Untersuchungen von JANISCHEVSKI[1]) gezeigt haben, keine Störungen der Sensibilität oder Motilität.

Das Zustandekommen beständiger funktioneller Beziehungen zwischen den Rindencentren beider Hemisphären durch das Band der Kommissuren hat für die psychischen Tätigkeiten ohne Frage größte Bedeutung. Dies geht schon aus dem Umstand hervor, daß alle bisher bekannt gewordenen Fälle von angeborenem Fehlen oder Defektbildung des Balkens unter Erscheinungen von Idiotismus bezw. mehr oder weniger erheblichen Schwachsinnes verliefen.[2])

Wenn in dieser Beziehung auch manche negative Beobachtungen vorliegen, so handelte es sich dabei jedenfalls nur um partielle Defektbildung des Balkens.

Neubildungen des Corpus callosum ergeben psychische Störungen in 100 % der Fälle, solche des Stirnlappens allein im ganzen 80 % Affektionen der psychischen Sphäre (SCHUSTER).

Man wird nach dem Bisherigen wohl annehmen dürfen, daß die Wechselbeziehungen der Centren beider Hemisphären, sofern sie auf

---

[1]) JANISCHEVSKI, Über die Kommissurensysteme der Gehirnrinde. Nevrolog. vêstn. 1903.

[2]) TOMASCHEWSKI, Zur Pathologie des Idiotismus. Dissert. St. Petersburg.

kommissuralen Verbindungen beruht, für die Ausbildung der Geistestätigkeiten wesentliche Bedeutung haben. Ihr Vorhandensein ist Voraussetzung einer vollen Entfaltung der psychischen Leistungen.

Bekannt ist ferner, daß Erkrankungen des Splenium corporis callosi auf die Erscheinungen der Seelenblindheit und der Wortblindheit Einfluß üben und zwar dadurch, daß dabei die Verbindungen der kortikalen Sehcentra mit anderen Centren (Sprachcentrum insbesondere) gestört sind.

Andererseits macht Liepmann neuerdings darauf aufmerksam, daß die linke Hemisphäre durch den Balken vor der rechten Hemisphäre bevorzugt ist auch bezüglich der Innervation des Armes: deshalb bewirken Läsionen der Parietalregion der linken Hemisphäre nicht nur rechtsseitige, sondern auch linksseitige Apraxie. Es überwiegt also die linke Hemisphäre analog der Sprachfunktion nicht über die rechte Hemisphäre bezüglich der Armfunktion, sondern unterstützt die rechte in ihrer Tätigkeit. Dies deutet auf einen Faseraustausch zwischen den Vorstellungscentren für die Armbewegungen in der linken Hemisphäre und den rechtsseitigen Armbewegungscentren, ein Austausch, der nur durch den Balken zu Stande kommen kann. Auf diesem Faseraustausch beruhen auch die Fälle von Dyspraxie, die durch Balkenaffektion bedingt wird.

Beachtenswert ist unter den hierhergehörigen Beobachtungen der von Vleuten [1]) beobachtete Fall einer Neubildung des Balkens mit Erscheinungen von linksseitiger Apraxie.

Erinnert man sich dann auch des Einflusses von Erregungszuständen der motorischen Centra der einen Hemisphäre auf die Erregbarkeit der Centra der anderen Hemisphäre, sowie des gegenseitigen Kompensationsverhältnisses zwischen den Centren beider Seiten, welches offenbar auch auf Faseraustausch zwischen beiden Hemisphären im Corpus callosum beruht, so ist wohl zu schließen, daß dem Balken, abgesehen von seiner Bedeutung für die peripherischen Funktionen, noch eine gewisse Rolle zufällt in den wechselseitigen Beziehungen zwischen den Bewegungs- und Sinnescentren beider Hemisphären.

Die übrigen Gehirnkommissuren, also die Commissura anterior, welche die basalen Abschnitte der Occipitotemporalregion und die Lobi olfactorii, sowie das Psalterium, welches die kortikalen Riechfelder untereinander verbindet, müssen ebenfalls von Bedeutung sein für den funktionellen Verkehr zwischen den entsprechenden Rindenterritorien, allein ihre Rolle ist eine beschränkte im Verhältnis zu derjenigen der Balkenfaserung.

[1]) Vleuten, Allg. Zeitschr. f. Psychiatrie 1907.

Namen- und Sachregister.

